



TUGAS AKHIR - SS 091324

Analisis Kapabilitas Proses Produksi Air Minum Periode 2012

M. AZIZ MIFTAKHUL HUDA
NRP 1312 105 013

Dosen Pembimbing
Dra. Lucia Aridinanti, MT

JURUSAN STATISTIKA
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2015



TUGAS AKHIR - SS 091324

Analisis Kapabilitas Proses Produksi Air Minum Periode 2012

M. AZIZ MIFTAKHUL HUDA
NRP 1312 105 013

Dosen Pembimbing
Dra. Lucia Aridinanti, MT

JURUSAN STATISTIKA
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2015



FINAL PROJECT - SS 091324

Process Capability Analysis Of Drinking Water Production Period of 2012

M. AZIZ MIFTAKHUL HUDA
NRP 1312 105 013

Advisor Lecture
Dra. Lucia Aridinanti, MT

DEPARTMENT OF STATISTICS
Faculty of Mathematics And Natural Science
Sepuluh Nopember Institute of Technology
SURABAYA 2015

LEMBAR PENGESAHAN

**Analisis Kapabilitas Proses Produksi Air Minum Periode
2012**

LAPORAN TUGAS AKHIR

**Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Kelulusan Di Program Studi Sarjana Statistika
Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya**

**Oleh :
M. AZIZ MIFTAKHUL HUDA
NRP. 1312 105 013**

**Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir :
Dra. Lucia Aridinanti, MT
NIP. 19610131 198701 2 001**

()

**Mengetahui
Ketua Jurusan Statistika FMIPA-ITS**



**Drs. Muhammad Mashuri, MT
NIP. 19620408 198701 1 001**

SURABAYA, Januari 2015

Analisis Kapabilitas Proses Produksi Air Minum Periode 2012

Nama : M. Aziz Miftakhul Huda
NRP : 1312 105 013
Jurusan : Sarjana Statistika FMIPA-ITS
Dosen Pembimbing : Dra. Lucia Aridinanti, M. T

Abstrak

Program peningkatan kualitas dapat dilakukan melalui analisis kapabilitas dan evaluasi terhadap pergeseran proses dari periode ke periode. Salah satu cara untuk meningkatkan kualitas produksi air minum di PDAM Surya Sembada Surabaya adalah melakukan analisis kapabilitas proses dan menguji peningkatan proses dari bulan ke bulan atau dari semester ke semester. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis indeks kapabilitas proses produksi air minum pada Januari – Juni 2012 dan Juli-Desember 2012 berdasarkan 3 variabel kualitas air minum yaitu kekeruhan, alkanita, karbondioksida. Juga menguji peningkatan proses dari periode Januari-Juni 2012 ke Juli-Desember 2012. Metode yang digunakan adalah peta kendali secara multivariat dan univariat, hal ini dikarenakan variabel alkanitas dan karbondioksida saling berkorelasi maka indeks kapabilitas diukur secara multivariat dan peta kendali yang digunakan adalah peta T^2 Hotelling dan Generalized Variance. Sedangkan untuk analisis kapabilitas berdasarkan kekeruhan digunakan indeks kabilitas univariat dan peta \bar{X} dan R. Dengan menggunakan Manova dapat disimpulkan bahwa ada pergeseran proses yang signifikan pada periode Januari-Juni 2012 dan Juli –Desember 2012. Berdasarkan peta kendali T^2 Hotelling dan Generalized Variance proses air produksi tidak dalam kondisi terkendali karena ada salah satu titik berada di luar batas kendali dan penyebabnya adalah alkanitas. Tetapi jika proses diperbaiki sehingga terkendali maka indeks kapabilitas berdasarkan alkanitas dan karbondioksida dapat mencapai lebih dari 1, yaitu 2,26 pada bulan Januari - Juni 2012 dan 2,94 pada bulan Juli - Desember 2012, artinya proses kapabel. hasil peta kendali \bar{X} dan R tidak dalam kondisi terkendali hal ini dikarenakan ada salah satu titik yang berada diluar batas kendali dan penyebabnya adalah faktor musim penghujan dan banyaknya limbah pabrik maupun rumah tangga yang dibuang kesungai yang menjadi air baku PDAM Surya Sembada Surabaya. Tetapi jika proses diperbaiki sehingga terkendali maka proses dapat menjadi kapabel karena kriteria kapabel terpenuhi yaitu indeks kapabilitas $C_{pu} > 1$. C_{pu} mencapai 10,76 pada bulan Januari - Juni 2012 dan 16,65 pada bulan Juli Desember 2012.

Kata Kunci : Peta kendali multivariat, Peta kendali univariat, Indeks kapabilitas proses

Process Capability Analysis Of Drinking Water Production Period Of 2012

Name : M. Aziz Miftakhul H
NRP : 1312 105 013
Department : Sarjana Statistika FMIPA-ITS
Advisor Lecturer : Dra. Lucia Aridinanti, M. T

Abstract

Quality improvement program can be done through analysis and evaluation capabilities of the process shift from period to period. One way to improve the production quality of drinking water in the taps Solar Sembada Surabaya is a process capability analysis and test process improvement from month to month or from half to half. This study aims to analyze the production process capability index of drinking water in January-June 2012 and July in December 2012 by three variables, namely the quality of drinking water turbidity, alkanita, carbon dioxide. Also test the improvement process of the period from January to June, 2012 to July to December 2012. The method used is as multivariate control chart and univariate, this is because the variables correlated alkanitas and carbon dioxide then measured multivariate capability index and map control used is the map T^2 Hotelling and Generalized Variance. As for the analysis capabilities based on turbidity used univariate and maps kabilitas index \bar{X} and R. By using Manova can be concluded that there is a significant shift in the period January to June 2012 and July 2012. Based -Desember T^2 Hotelling control chart and Generalized Variance water production process is not under control because there is one point is outside the control limit and cause is alkanitas. But if the process is improved so that controlled the capability index based alkanitas and carbon dioxide can reach more than 1, 2.26 in January to June 2012 and 2.94 in the month of July to December 2012, meaning that the process capable. \bar{X} control chart results and R are not in controlled conditions it is because there is one point that is beyond the control and the cause is a factor of the rainy season and the number of factories and household waste being dumped into the river that became the raw water taps Solar Sembada Surabaya. But if the process is improved so that the process can be controlled so capable as the criteria are met, namely capable C_{PU} capability index > 1 . The cpu reached 10.76 in the month of January to June 2012 and 16.65 in July December 2012.

Keyword : *control multivariate diagram, control univariate diagram, capability process index.*

KATA PENGANTAR

Syukur Alhamdulillah kehadiran Allah SWT yang telah memberikan rahmat, taufiq dan hidayahNya sehingga penulis dapat menyelesaikan Laporan Tugas Akhir dengan judul:

Analisis Kapabilitas Proses Produksi Air Minum Periode 2012

Penulis menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang memberikan dukungan, bimbingan, petunjuk dan saran selama penyusunan Laporan Tugas Akhir ini. Penulis mengucapkan terima kasih kepada,

1. Bapak Drs. Muhammad Mashuri, MT. selaku Ketua Jurusan Statistika FMIPA ITS Surabaya.
2. Dra. Lucia Aridinanti, M. T selaku Ketua Program Studi Sarjana dan selaku dosen pembimbing yang telah meluangkan waktu untuk memberi bimbingan, nasihat serta saran.
3. Ibu Dra. Sri Mumpuni R, MT dan Bapak Drs. Haryono, M. SIE selaku dosen penguji.
4. Bapak dan Ibu yang memberikan motivasi, support dan do'a.
5. *Special one*, "Adikku" yang selalu memberikan motivasi, menemani saat susah dan senang, dan selalu mendoakan yang terbaik untuk penulis.
6. Fotocopy SURATI Gang Makam, yang selalu menyediakan jasa yang mendukung terselesainya laporan-laporan selama ini.
7. Teman-teman Sarjana Statistika 2012, terima kasih atas dukungan serta bantuannya.

Pembuatan laporan Tugas Akhir ini masih jauh dari kesempurnaan, untuk itu kritik dan saran sangat penulis harapkan. Semoga laporan Tugas Akhir ini bermanfaat bagi pembaca.

Surabaya, Januari 2015

Penulis

DAFTAR ISI

| Judul | Halaman |
|---|---------|
| HALAMAN JUDUL | i |
| LEMBAR PENGESAHAN | iii |
| ABSTRAK | iv |
| ABSTRACT | v |
| KATA PENGANTAR | vi |
| DAFTAR ISI | vii |
| DAFTAR GAMBAR | x |
| DAFTAR TABEL | xiii |
| DAFTAR LAMPIRAN | xiv |
| BAB I PENDAHULUAN | |
| 1.1 Latar Belakang..... | 1 |
| 1.2 Rumusan Masalah..... | 3 |
| 1.3 Tujuan | 3 |
| 1.4 Manfaat | 3 |
| 1.5 Batasan Masalah | 3 |
| BAB II TINJAUAN PUSTAKA | |
| 2.1 Perusahaan Daerah Air Minum Kota Surabaya..... | 5 |
| 2.2 Kegiatan Produksi..... | 5 |
| 2.3 Instalasi Penjernihan Air Minum Karangpilang | 9 |
| 2.4 Statistik Deskriptif | 11 |
| 2.5 Uji <i>Bartlett's</i> | 11 |
| 2.6 Uji Distribusi Normal Multivariat & Univariate | 12 |
| 2.7 Uji Homogenitas Matriks Varians Kovarian | 13 |
| 2.8 Uji Keacakan Data | 14 |
| 2.9 Peta Kendali T^2 <i>Hotelling</i> | 14 |
| 2.10 Peta Kendali <i>Generalized Variance</i> (GV)..... | 17 |
| 2.11 Peta Kendali \bar{X} dan R..... | 17 |
| 2.12 Penentuan Variabel <i>Out Of Control</i> | 18 |
| 2.13 Diagram <i>Ishikawa</i> | 19 |

| | |
|--|----|
| 2.14 Indeks Kapabilitas Proses..... | 19 |
| 2.14.1 Kapabilitas Proses Multivariat..... | 20 |
| 2.14.2 Kapabilitas Proses Univariat..... | 21 |

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

| | |
|------------------------------------|----|
| 3.1 Variabel Kualitas | 23 |
| 3.2 Pengambilan Sampel..... | 24 |
| 3.3 Langkah-langkah Analisis | 24 |

BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN

| | |
|---|----|
| 4.1 Deskripsi Variabel Kualitas Periode I dan II..... | 29 |
| 4.2 Perbandingan Air Baku dan Produksi | 30 |
| 4.3 Pengujian Asumsi | 32 |
| 4.3.1 Uji Bartlett's Periode I dan II | 32 |
| 4.3.2 Uji Distribusi Normal Multivariat | 33 |
| 4.3.3 Uji Distribusi Normal Univariat | 33 |
| 4.3.4 Uji Keacakan Data..... | 34 |
| 4.3.5 Uji Kehomogenan Data..... | 34 |
| 4.4 Uji Pergeseran Proses Periode I dan II..... | 35 |
| 4.5 Evaluasi Proses Secara Multivariat..... | 36 |
| 4.5.1 Evaluasi Variabilitas Periode I | 36 |
| 4.5.2 Evaluasi Mean Vektor Periode I..... | 42 |
| 4.5.3 Evaluasi Variabilitas Periode II..... | 45 |
| 4.5.4 Evaluasi Mean Vektor Periode II | 50 |
| 4.6 Evaluasi Proses Secara Univariat | 56 |
| 4.6.1 Evaluasi Variabilitas Periode I | 57 |
| 4.6.2 Evaluasi Rata-Rata Periode I..... | 59 |
| 4.6.3 Evaluasi Variabilitas Periode II..... | 59 |
| 4.6.4 Evaluasi Rata-Rata Periode II | 63 |
| 4.7 Indeks Kapabilitas | 66 |
| 4.7.1 Indeks Kapabilitas Proses Multivariat | 66 |
| 4.7.2 Indeks Kapabilitas Proses Univariat..... | 67 |

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

| | |
|---------------------|----|
| 5.1 Kesimpulan..... | 69 |
| 5.2 Saran | 70 |

DAFTAR PUSTAKA LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

| Judul | halaman |
|---|---------|
| Gambar 2.1 Peta Proses Operasi..... | 9 |
| Gambar 3.1 <i>Flow Chart</i> Langkah Analisis..... | 28 |
| Gambar 4.1 Plot Perbandingan Kekeruhan Air Baku Dan Produksi Periode I | 30 |
| Gambar 4.2 Plot Perbandingan Alkanitas Air Baku Dan Produksi Periode I | 31 |
| Gambar 4.3 Plot Perbandingan Karbondioksida Air Baku Dan Produksi Periode I..... | 32 |
| Gambar 4.4 Peta Kendali GV Periode I | 36 |
| Gambar 4.5 Peta Kendali \bar{X} dan R Variabel Alkanitas..... | 37 |
| Gambar 4.6 Peta Kendali \bar{X} dan R Variabel Karbondioksida | 37 |
| Gambar 4.7 Diagram Ishikawa Karbondioksida..... | 38 |
| Gambar 4.8 Peta Kendali <i>Generalized Variance</i> (GV) Periode I Setelah Dihilangkan Pengamatan ke-8..... | 39 |
| Gambar 4.9 Peta Kendali \bar{X} dan R Variabel Alkanitas..... | 40 |
| Gambar 4.10 Peta Kendali \bar{X} dan R Variabel Karbondioksida | 40 |
| Gambar 4.11 Diagram Ishikawa Alkanitas..... | 40 |
| Gambar 4.12 Peta Kendali <i>Generalized Variance</i> (GV) Periode I Setelah Dihilangkan Pengamatan ke-8 dan 2 | 42 |
| Gambar 4.13 Peta Kendali T^2 Hotelling Periode I periode 1 Januari 2012 – 29 Juni 2012 | 42 |
| Gambar 4.14 Peta Kendali \bar{X} dan R Variabel Alkanitas..... | 43 |
| Gambar 4.15 Peta Kendali \bar{X} dan R Variabel Karbondioksida | 44 |
| Gambar 4.16 Peta Kendali T^2 Hotelling Periode I Setelah Dihilangkan Pengamatan ke-1, 2, 16, 17..... | 45 |

| | | |
|-------------|---|----|
| Gambar 4.17 | Peta Kendali <i>Generalized Variance</i> (GV) Periode II periode 2 Juli 2012 – 21 Desember 2012 | 45 |
| Gambar 4.18 | Peta Kendali <i>Generalized Variance</i> (GV) Periode II periode Juli 2012 – Desember 2012..... | 46 |
| Gambar 4.19 | Peta Kendali \bar{X} dan R Variabel Alkanitas..... | 47 |
| Gambar 4.20 | Peta Kendali \bar{X} dan R Variabel Karbondioksida | 47 |
| Gambar 4.21 | Peta Kendali <i>Generalized Variance</i> (GV) Periode II Setelah Dihilangkan Pengamatan ke-19 dan 20..... | 48 |
| Gambar 4.22 | Peta Kendali \bar{X} dan R Variabel Alkanitas..... | 49 |
| Gambar 4.23 | Peta Kendali \bar{X} dan R Variabel Karbondioksida | 49 |
| Gambar 4.24 | Peta Kendali <i>Generalized Variance</i> (GV) Periode II Setelah Dihilangkan Pengamatan ke-19..... | 50 |
| Gambar 4.25 | Peta Kendali Multivariat T^2 Hotelling Periode II periode 2 Juli 2012 – 21 Desember 2012 | 51 |
| Gambar 4.26 | Peta Kendali T^2 Hotelling Periode II periode 2 Juli 2012 – 21 Desember 2012 | 52 |
| Gambar 4.27 | Peta Kendali \bar{X} dan R Variabel Alkanitas..... | 53 |
| Gambar 4.28 | Peta Kendali \bar{X} dan R Variabel Karbondioksida | 53 |
| Gambar 4.29 | Peta Kendali T^2 Hotelling Periode II Setelah Dihilangkan pengamatan Minggu ke-1, 2,3, 4, 5, 6, 16, 17 dan 18 | 54 |
| Gambar 4.30 | Peta Kendali \bar{X} dan R Variabel Alkanitas..... | 55 |
| Gambar 4.31 | Peta Kendali \bar{X} dan R Variabel Karbondioksida | 55 |
| Gambar 4.32 | Peta Kendali T^2 Hotelling Periode II Setelah Dihilangkan pengamatan Minggu ke-9 | 56 |

| | | |
|-------------|---|----|
| Gambar 4.33 | Peta Kendali R Variabel Kekeruhan Periode I periode 1 Januari 2012 – 29 Juni 2012..... | 57 |
| Gambar 4.34 | Diagram Ishikawa Kekeruhan | 57 |
| Gambar 4.35 | Peta Kendali R Variabel Kekeruhan Periode I Setelah Menghilangkan Pengamatan ke-8..... | 58 |
| Gambar 4.36 | Peta Kendali \bar{X} Variabel Kekeruhan Periode I periode 1 Januari 2012 – 29 Juni 2012..... | 59 |
| Gambar 4.37 | Peta Kendali <i>Range</i> Variabel Kekeruhan Periode II Menggunakan Batas Kendali <i>Range</i> Yang Dalam Keadaan Terkendali Pada Periode I | 60 |
| Gambar 4.38 | Peta Kendali \bar{X} Variabel Kekeruhan Periode II periode 2 Juli 2012 – 21 Desember 2012..... | 61 |
| Gambar 4.39 | Peta Kendali R Variabel Kekeruhan Periode II Setelah Menghilangkan Pengamatan ke-18 | 61 |
| Gambar 4.40 | Peta Kendali R Variabel Kekeruhan Periode II Setelah Menghilangkan Pengamatan ke-18 | 62 |
| Gambar 4.41 | Peta Kendali R Variabel Kekeruhan Periode II Setelah Menghilangkan Titik Pengamatan ke-13 dan 18..... | 63 |
| Gambar 4.42 | Peta Kendali \bar{X} Variabel Kekeruhan Periode II Menggunakan Batas Kendali <i>Range</i> Yang Dalam Keadaan Terkendali Pada Periode I..... | 63 |
| Gambar 4.43 | Peta Kendali \bar{X} Variabel Kekeruhan Periode II periode 2 Juli 2012 – 21 Desember 2012..... | 64 |
| Gambar 4.44 | Peta Kendali \bar{X} Variabel Kekeruhan Periode II Setelah Menghilangkan Pengamatan Minggu ke-1, 7, 18 dan 19 | 65 |
| Gambar 4.45 | Peta Kendali \bar{X} Variabel Kekeruhan Periode II Setelah Menghilangkan Pengamatan Minggu ke-8 dan 16 | 65 |

DAFTAR TABEL

| Judul | halaman |
|--|---------|
| Tabel 2.1 Organisasi Data T^2 Hotelling | 16 |
| Tabel 2.2 Klasifikasi C_p atau $P_p\%$ | 20 |
| Tabel 2.3 Klasifikasi C_p atau $P_p\%$ | 20 |
| Tabel 3.1 Variabel Pengukuran Kualitas air Produksi | 23 |
| Tabel 3.2 Persyaratan Pengujian Air Produksi | 24 |
| Tabel 3.3 Sruktur Data T^2 Hotelling, GV dan \bar{X} dan R..... | 26 |
| Tabel 4.1 Deskripsi Variabel Kualitas Periode I dan II..... | 29 |
| Tabel 4.2 Hasil Analisis MANOVA | 35 |
| Tabel 4.3 Identifikasi Variabel Penyebab Tidak Terkendalnya Periode I..... | 43 |
| Tabel 4.4 Identifikasi Variabel Penyebab Tidak Terkendalnya Periode II..... | 52 |
| Tabel 4.5 Indek Kapabilitas Periode I dan II | 68 |
| Tabel 4.6 Indek Kapabilitas Periode I dan II | 69 |

DAFTAR LAMPIRAN

Judul

Lampiran A Data

Lampiran A1 Air Produksi

Lampiran A2 Air Produksi

Lampiran B2 Periode II

Lampiran C Multinormal

Lampiran C1 Macro Minitab Multinormal

Lampiran C2 Uji Multinormal Periode I

Lampiran C3 Uji Multinormal Periode II

Lampiran D Uji *Bartlett's*

Lampiran D1 Uji *Bartlett's* Periode I

Lampiran D2 Uji *Bartlett's* Periode II

Lampiran E Uji Kenormalan

Lampiran E1 Uji Kenormalan Periode I (Kekeruhan)

Lampiran E2 Uji Kenormalan Periode I (Alkanitas)

Lampiran E3 Uji Kenormalan Periode I (Karbendioksida)

Lampiran E4 Uji Kenormalan Periode II (Kekeruhan)

Lampiran E5 Uji Kenormalan Periode II (Alkanitas)

Lampiran E6 Uji Kenormalan Periode II (Karbendioksida)

Lampiran F Uji Keacakan

Lampiran F1 Uji Keacakan Periode I

Lampiran F2 Uji Keacakan Periode II

Lampiran G Uji Kehomogenan

Lampiran H Histogram

Lampiran H1 Histogram Periode I

Lampiran H2 Histogram Periode II

Lampiran I Indek Kapabilitas Periode I

Lampiran I1 Indeks Kapabilitas Kekeruhan

Lampiran J Indek Kapabilitas Periode II

Lampiran J1 Indeks Kapabilitas Kekeruhan

Lampiran K MANOVA

Lampiran L Identifikasi Penyebab Tidak Terkendalnya
Proses T^2 Hotelling

Lampiran L1 T^2 Hotelling Periode I

Lampiran L2 T^2 Hotelling Periode II

Lampiran L3 T^2 Hotelling Periode II

Lampiran M Penanggulangan Ketidaknormalan

Lampiran M1 Penanggulangan Ketidaknormalan Periode I
(Karbondioksida)

Lampiran M2 Penanggulangan Ketidaknormalan Periode II
(Kekeruhan)

Lampiran M3 Penanggulangan Ketidaknormalan Periode II
(Alkanitas)

Lampiran M4 Penanggulangan Ketidaknormalan Periode II
(Karbondioksida)

Lampiran N Plot Variabel Periode I dan Periode II

Lampiran N1 Plot Variabel Periode I dan Periode II (Kekeruhan)

Lampiran N2 Plot Variabel Periode I dan Periode II (Alkanitas)

Lampiran N3 Plot Variabel Periode I dan Periode II
(Karbondioksida)

BAB I


PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kota Surabaya merupakan kota terpadat kedua di Indonesia setelah Jakarta dengan jumlah penduduk mencapai lebih dari 3 juta jiwa. Seiring bertambah jumlah penduduk maka jumlah air bersih yang dibutuhkan untuk konsumsi masyarakat kota Surabaya setiap hari terus mengalami peningkatan. Akan tetapi, dari waktu ke waktu kota Surabaya mengalami krisis air berkepanjangan, baik dari segi kuantitas maupun kualitasnya. Untuk menangani krisis air tersebut maka didirikanlah perusahaan daerah air minum yang tersebar di kota Surabaya. PDAM Surya Sembada Kota Surabaya adalah badan usaha milik daerah, yang menangani masalah pengolahan air bersih di Kota Surabaya yang bertanggung jawab memenuhi kebutuhan air di Kota Surabaya baik dari aspek kuantitas maupun kualitas. Untuk memenuhi kebutuhan air di kota Surabaya, PDAM Surya Sembada Kota Surabaya menggunakan 6 pembangunan instalasi pengolahan air minum (IPAM) yang terletak di instalasi 3 instalasi pengolahan air minum (IPAM) Ngagel dan 3 instalasi pengolahan air minum (IPAM) Karangpilang untuk peningkatan kualitas air bersih atau air minum.

Pada proses pengolahan air minum (IPAM) PDAM Surya Sembada Kota Surabaya khususnya instalasi pengolahan air minum (IPAM) Karangpilang I, II, III sangat tergantung pada air baku yang akan di *treatment* menjadi air bersih. Sekitar 96% air baku Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM) Kota Surabaya dipasok dari Kali atau air permukaan yang mengalir melalui kota Surabaya. Pada proses pengolahan air minum, (IPAM) PDAM Surya Sembada Kota Surabaya sangat tergantung akan kualitas air baku dari sungai untuk diolah menjadi air produksi. Pencemaran air kali Surabaya diperkirakan akan berdampak pada bahan baku air PDAM Surya Sembada Kota Surabaya. Kualitas air baku yang buruk akan menyebabkan air tidak layak untuk diminum bahkan

menyebabkan penyakit. Baik buruknya kualitas air baku dapat menentukan keberhasilan PDAM Surya Sembada Kota Surabaya dalam mengolah air bersih atau air minum, dapat mempengaruhi besar kecilnya biaya produksi dan dapat mempengaruhi kepuasan konsumen. Untuk meningkatkan mutu kualitas air baku menjadi air produksi pihak instalasi pengolahan air minum (IPAM) Karangpilang I, II, III sudah melakukan uji kualitas secara kimia, biologi dan fisika akan tetapi belum dilakukannya uji kualitas secara statistik yaitu uji kapabilitas proses. Hal ini dikarenakan dengan menggunakan analisis kapabilitas proses dapat mengetahui presisi atau ukuran pendekatan antara suatu pengamatan dengan pengamatan yang lain dan akurasi atau ukuran kedekatan pengamatan dengan nilai target.

Dewi (2006) meneliti kualitas air periode 17 Nopember 2005 sampai dengan 15 Februari 2006 berdasarkan 7 (tujuh) variabel kualitas yaitu Total Padatan Terlarut (TDS), kekeruhan, warna, fluorida, nitrat, pH dan Natrium belum terkendali dengan menggunakan metode peta kendali T^2 Hotelling dan peta kendali *Generalized Variance* (GV). Penelitian sebelumnya dari hasil laporan kerja praktek Khaulasari dan Huda (2013) pada periode Januari sampai dengan Agustus 2013 berdasarkan 9 (sembilan) variabel kualitas yaitu suhu, kekeruhan, pH, Alkanitas, CO₂ bebassa, zat organik, TDS, sisa chlor dan DO didapatkan hasil bahwa kualitas air produksi ada faktor yang belum terkendali yaitu pada variabel kekeruhan. Metode pengendalian kualitas statistik yang digunakan pada penelitian ini adalah peta kendali T^2 Hotelling dan *Generalized Variance* (GV), hal ini dikarenakan data mempunyai karakteristik kualitas lebih dari satu dan ada korelasi. Selanjutnya ada permintaan dari pihak kualitas PDAM Surya Sembada Kota Surabaya ingin melihat pengendalian kualitas statistik secara individual yaitu pada setiap variabel atau parameter, sehingga juga digunakan metode pengendalian kualitas statistik secara univariat dengan menggunakan peta kendali  dan R.

1.2 Rumusan Permasalahan

Berdasarkan selama ini PDAM Surya Sembada Kota Surabaya belum pernah melakukan analisis kapabilitas proses, maka diperoleh rumusan permasalahan dalam penelitian, sebagai berikut.

1. Bagaimana hasil pergeseran proses kualitas air minum bulan Januari – Juni dengan Juli – Desember 2012?
2. Bagaimana kapabilitas proses pengendalian kualitas air minum di PDAM Surya Sembada Kota Surabaya?

1.3 Tujuan

Sesuai dengan permasalahan dalam penelitian ini, maka tujuan yang dapat dirumuskan, sebagai berikut.

1. Menganalisis pergeseran proses kualitas air minum bulan Januari – Juni dengan Juli – Desember 2012.
2. Menganalisis kapabilitas proses pengendalian kualitas air minum di PDAM Surya Sembada Kota Surabaya.

1.4 Manfaat

Manfaat yang dapat diperoleh dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan bahan evaluasi dalam meningkatkan kualitas produksi air minum, sehingga dihasilkan air produksi yang memenuhi persyaratan kualitas air minum yang telah ditentukan.

1.5 Batasan Masalah

Batasan masalah pada penelitian ini, sebagai berikut.

1. Pengambilan sampel kualitas air yang diteliti hanya pada Instalasi Penjernihan Air Minum (IPAM) Karangpilang I.
2. Sampel air yang diambil adalah air produksi tahun 2012.
3. Parameter kualitas air yang diambil sebanyak 3 parameter kualitas yaitu variabel alkalinitas, karbondioksida dan kekeruhan.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM) Kota Surabaya

PDAM Surya Sembada Kota Surabaya adalah badan usaha milik daerah, yang menangani masalah pengolahan air bersih di kota Surabaya. Kantor PDAM Surya Sembada Kota Surabaya berada di Jalan Prof dr. Mustopo. Adapun visi yang dimiliki oleh PDAM Surya Sembada Kota Surabaya “Tersedianya air minum yang cukup bagi pelanggan melalui perusahaan air minum yang mandiri, berwawasan global dan terbaik di Indonesia”.

Sedangkan misi yang dimiliki oleh PDAM Surya Sembada Kota Surabaya, sebagai berikut.

1. Memproduksi dan mendistribusikan air minum bagi pelanggan
 2. Memberi pelayanan prima bagi pelanggan dan berkelanjutan bagi pemangku kepentingan
 3. Melakukan usaha lain bagi kemajuan perusahaan dan berpartisipasi aktif dalam kegiatan sosial kemasyarakatan.
- (Pranoto, 2013)

2.2 Kegiatan Produksi

Pengolahan air minum adalah suatu usaha teknis yang dilakukan dengan tujuan memberikan perlindungan pada sumber air dengan perbaikan mutu awal air sampai menjadi mutu yang diinginkan bertujuan agar aman dipergunakan oleh masyarakat pengguna air minum. Dalam pengelolaan air minum juga dikenal jenis pengolahan, sebagai berikut.

a. Pengolahan Fisik

Pengolahan yang ditunjukkan untuk meminimalisir adanya kotoran benda kasar seperti benda-benda terapung, pasir, zat organik yang ada didalam air. Proses pengolahan ini disebut *bar screen*, sedimentasi dan filtrasi.

b. Pengolahan Kimiawi

Pengolahan yang ditunjukkan untuk menghilangkan kotoran dalam air dalam bentuk koloidal, menghilang dan memperbaiki unsur-unsur kimia yang tidak dikehendaki yang terdapat didalam air dengan menggunakan bahan kimia. Proses pengolahan kimiawi seperti aerasi koagulasi, flokulasi, netralisasi.

c. Pengolahan Biologi

Pengolahan yang ditunjukkan untuk memusnahkan bakteri yang terdapat didalam air dengan cara pembubuhan disinfektan.

Persyaratan air baku yang harus dipenuhi untuk air minum, sebagai berikut.

- a. Syarat Fisik, meliputi suhu, rasa dan bau, warna, kekeruhan dan zat padat terlarut.
- b. Syarat Kimia, meliputi pH, zat organik dan anorganik dan kadar mineral yang seimbang.
- c. Syarat Biologi, meliputi bebas dari bakteri patogen dan mikroorganisme pengganggu lain.

Sedangkan persyaratan air produksi yang harus dipenuhi untuk air minum, sebagai berikut.

- a. Syarat Fisik, meliputi warna, bau, rasa, kekeruhan temperatur dan daya hantar listrik.
- b. Syarat Kimia, meliputi pH, kesadahan, besi, mangan, seng, krom cadmium, nitrat, klor, sulfat dan klorida
- c. Syarat Biologi, meliputi bebas total koliform dan koli tinja.

Menurut Triyriyani (2010) Dalam proses pengolahan air minum terdapat tahapan yang harus dilakukan, sebagai berikut.

1. Aerasi

Aerasi adalah proses dimana gas dibebaskan atau dilepaskan dari air atau diserap atau dilarutkan. Dalam pengolahan air minum, aerasi merupakan salah satu pengolahan pendahuluan yang dilakukan dengan tujuan utamanya adalah meningkatkan kadar oksigen terlarut.

2. Prasedimentasi

Prasedimentasi adalah proses pengendapan secara grafitasi untuk memisahkan benda-benda yang tersuspensi,

terdiri dari pasir kasar, pasir halus dan lumpur yang sangat halus dari air baku. Proses ini merupakan pengolahan pendahuluan sehingga dapat mengurangi beban pengolahan pada proses-proses selanjutnya. Proses ini sangat efektif untuk air baku dengan kekeruhan tinggi sebagai contoh Kali Surabaya pada waktu musim penghujan.

3. Koagulasi-Flokulasi

Koagulasi-Flokulasi adalah partikel yang bermuatan listrik negatif yang sangat stabil. Dalam air minum, koagulasi didefinisikan sebagai proses dimana partikel koloid distabilkan dan dinetralkan muatan listriknya. Produk yang digunakan untuk netralisasi disebut koagulan. Koagulan yang paling umum digunakan adalah Aluminium sulfat ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$). Flokulasi didefinisikan sebagai “proses pembentukan partikel flok hasil penggabungan partikel-partikel kecil dengan cara pengadukan”. Produk yang ditambahkan dalam proses ini disebut flokulan (*flocculating agents*). Flokulan dapat mempercepat laju reaksi atau dapat meningkatkan mutu partikel flok yang terbentuk sehingga lebih padat dan tidak mudah pecah. Flokulan dapat diklasifikasikan berdasarkan asalnya (buatan dan alam), muatan listriknya (*anionic*, *kationik* atau *non ionic*) serta anorganik atau organik. Efektivitas proses flokulasi ini sangat tergantung dari efektivitas proses koagulasi.

4. Sedimentasi (pengendapan ke II atau clearator)

Sedimentasi adalah partikel flok yang semakin besar volume dan beratnya akan diendapkan secara gravitasi pada bak sedimentasi. Disini juga dilakukan pembubuhan polimer.

5. Filtrasi

Filtrasi adalah partikel tersuspensi dan partikel koloid yang tidak dapat dipisahkan pada proses sebelumnya, dipisahkan dengan proses saringan pasir cepat yaitu proses penyaringan dengan media granular yang umumnya adalah pasir untuk single media serta pasir dan antrasit untuk dual media. Pemisahan partikel ini terjadi kombinasi proses fisik

dan kimiawi. Penyaringan dan adsorpsi partikel terjadi karena adanya muatan listrik yang berlawanan.

6. Desinfeksi

Desinfeksi bertujuan untuk memenuhi persyaratan bakteriologi air minum, yaitu bebas dari bakteri pathogen. Desinfektan yang umum digunakan adalah gas chlor dengan waktu kontak minimum 20 sampai 30 menit dengan sisa chlor 0,05-0,2 mg/l. waktu kontak dan sisa chlor sangat dipengaruhi oleh kadar amoni didalam air. Jika menggunakan ozon maka untuk menghasilkan kadar sisa yang sama dibutuhkan waktu kontak hanya kurang lebih 5 menit.

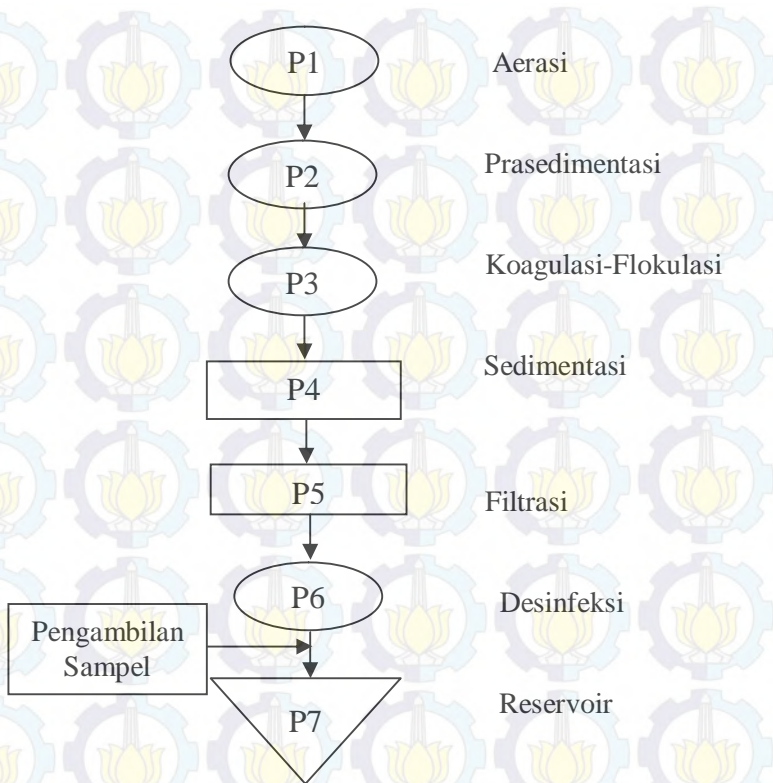
7. Reservoir

Reservoir adalah air yang sudah didesinfeksi dimasukkan dalam tandon air (reservoir) kemudian didistribusikan ke pelanggan.

Keterangan:

- Karbon aktif berfungsi untuk menyerap bau dan warna
- Kaporit berfungsi untuk sebagai peklorinasi, mengurangi kandungan bahan organik dan keberadaan bakteri Coli.
- Cupri Sulfat berfungsi untuk mengurangi pertumbuhan alga (lumut).
- Aluminium Sulfat berfungsi untuk mengendapkan lumpur yang terkandung didalam air baku secara kimiawi.
- Kaolin disebut juga lumpur buatan berfungsi untuk membantu proses koagulasi.
- Klor berfungsi untuk menghilangkan kandungan bakteri Coli.

Adapun kegiatan proses produksi, sebagai berikut.



Gambar 2.1 Peta Proses Operasi

2.3 Instalasi Penjernihan Air Minum Karangpilang

Pada tahun 1990 pembangunan IPAM Karang Pilang I dengan kapasitas 1000 liter/detik dengan dana Loan IBRD No. 2632 IND akan tetapi saat ini IPAM Karang Pilang I berkapasitas 1500 I/detik. Proses penjernihan air di Instalasi Penjernihan Air Minum Karang Pilang I, sebagai berikut.

1. Bak Intake

Bangunan intake adalah bangunan penangkap air baku dari kali Surabaya untuk tiga Instalasi Penjernihan Air Minum Karang Pilang I yang terbuat dari beton dengan kemiringan 60^0 dan kapasitas menampung air baku 5000 liter/detik.

2. Kanal

Terdiri dari kanal utara, tengah dan selatan dengan panjang kanal 245 meter dan kedalam masing-masing kanal 2,5. Dengan ukuran, sebagai berikut.

- Kanal utara : lebar atas 6 meter, lebar bawah 4 meter
- Kanal tengah : lebar atas 3,5 meter, lebar bawah 3 meter
- Kanal selatan : lebar atas 4 meter, lebar bawah 3 meter

Di Kanal terdapat empat zona, sebagai berikut.

1. Zona inlet air baku
2. Zona pengendapan
3. Zona pembuangan lumpur
4. Zona outlet

3. Prasideментasi

Panjangnya kira-kira 110 meter, ke dalam 2,4 meter terdiri dari delapan jalur dengan lebar masing-masing 10 meter.

4. Clarifier dan aerator

Sebelum masuk ke clarifier, air baku di sumur-sumur pompa dibubuhi CuSO_4 dengan dosis 0,2 ppm, kaporit 0,35 ppm dan poly elektrolit atau dukem dengan dosis 0,05 ppm. Dari sumur pompa tersebut air baku dipompakan ke aerator. Di pipa inlet aerator dibubuhi aluminium sulfat dengan dosis 45 ppm dan di susa clarifier masing-masing 5 ppm dengan kapasitas tiap-tiap clarifier 100 liter/detik.

5. Clearator

Terdiri dari lima unit dengan tiap-tiap unit kapasitas 400 liter/detik. Clearator terdiri dari tiga kompartemen yaitu:

1. Mengendapkan lumpur agak kasar
2. Mengendapkan lumpur agak halus
3. Mengendapkan partikel lumpur yang sangat kecil dari lubang-lubang *nozel clearator*

6. Filter

Terdapat 5 unit filter terdiri filter A sampai F yang tiap-tiap unit terdapat 32 petak filter dengan panjang filter 2,5 meter lebar 1,4 meter dan kedalaman 3 meter.

7. Reservoir

Sebelum masuk ke reservoir, air masuk ke clorinasi yaitu pembubuhan gas clor (Cl) dengan dosis 1,5 ppm. Setelah itu air dialirkan ke bak penampungan reservoir yang akan didistribusikan ke konsumen dan ke menara air cuci Karang Pilang I. Untuk air produksi sebelum masuk ke bak penampungan air akan diambil sampel secukupnya dan dilakukan uji laboratorium.

2.4 Statistika Deskriptif

Statistik deskriptif merupakan metode-metode yang berkaitan dengan pengumpulan dan penyajian suatu data, sehingga memberikan informasi yang berguna (Walpole, 1993). Rumus yang digunakan, sebagai berikut.

a. Varians

$$S^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1} \quad (2.1)$$

b. Rata-Rata

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} \quad (2.2)$$

2.5 Uji Bartlett's

Uji *Bartlett's* digunakan untuk mengetahui matriks korelasi secara dalam kasus multivariat (Johnson dan Wichern, 2002). Jika variabel saling berhubungan atau berkorelasi, maka analisis yang

digunakan analisis pengendalian kualitas statistika multivariat, akan tetapi jika tidak saling berhubungan atau tidak berkorelasi, maka analisis yang digunakan analisis pengendalian kualitas statistika univariat.

Hipotesis

$H_0 : \rho = \mathbf{I}$ (Matrik korelasi = matrik identitas)

$H_1 : \rho \neq \mathbf{I}$ (Matrik korelasi \neq matrik identitas)

Statistik Uji (Morisson, 1990)

$$\chi^2_{hitung} = -(m-1 - \frac{2p+5}{6}) \ln |R| \quad (2.3)$$

Dimana, \mathbf{R} = Matriks korelasi sampel

m = Jumlah pengamatan atau data

p = Karakteristik kualitas

Jika ditentukan tingkat signifikan α maka H_0 ditolak bila $\chi^2_{hitung} > \chi^2_{(\alpha; df)}$ atau $P_value < \alpha$ yang ditentukan, dimana $df = p(p-1)/2$.

$$\mathbf{R} = \begin{bmatrix} 1 & r_{12} \\ r_{21} & 1 \end{bmatrix}$$

2.6 Uji Distribusi Normal Multivariat

Distribusi normal multivariat data dapat diperiksa dengan menghitung nilai jarak pada setiap pengamatan, sebagai berikut.

$$d_i^2 = (\mathbf{x}_i - \bar{\mathbf{x}})' \mathbf{S}^{-1} (\mathbf{x}_i - \bar{\mathbf{x}}) \quad (2.4)$$

Dimana, d_i^2 = Nilai Kuadrat jarak

\mathbf{x}_i = Pengamatan data ke- i

\mathbf{S}^{-1} = Invers matrik varians kovarians \mathbf{S}

$\bar{\mathbf{x}}$ = Rata-rata objek pengamatan pada variabel ke- j

$i = 1, 2, \dots, n$ (banyak pengamatan)

Untuk melihat banyaknya nilai $d_i^2 \leq \chi^2_{p(0,5)}$ m , sebagai berikut.

1. Mengurutkan nilai d_i^2 dari yang terkecil sampai terbesar.

2. Menentukan nilai q_i dimana $q_i = \chi^2_{p,(\frac{1-0.5}{n})}$, $q_i = \chi^2_{p,(\frac{2-0.5}{n})}$, . . . , $q_i = \chi^2_{p,(\frac{n-0.5}{n})}$ didapatkan dari tabel distribusi χ^2 .

3. Keputusan H_0 gagal tolak jika lebih dari 50% jarak $d_i^2 \leq \chi^2_{p(0.5)}$ (Johnson dan Wichern, 2002)

Sedangkan untuk uji distribusi normal univariate, sebagai berikut.

Hipotesis

H_0 : Data sampel berdistribusi normal

H_1 : Data sampel tidak berdistribusi normal

Statistik Uji

$$D = \sup |(F_n(x) - F_0(x))| \quad (2.5)$$

Dimana, F_n = Nilai distribusi kumulatif

F_0 = Nilai distribusi kumulatif dibawah $P(Z < Z_i)$

Jika ditentukan tingkat signifikan α maka H_0 ditolak jika $D > D_\alpha$ atau $P_value < \alpha$ yang ditentukan. (Wayne W. Daniel, 1989)

2.7 Uji Homogenitas Matriks Varian Kovarian

Untuk menguji kehomogenan matriks varian kovarian, menggunakan uji Box-M (Karson, 1982).

Hipotesis

H_0 : Data pengamatan homogen

H_1 : Data pengamatan tidak homogen

Statistik Uji

$$Box's M = -2(1 - c_1) \left[\frac{1}{2} \sum_{i=1}^k v_i \ln |S_i| - \frac{1}{2} \ln \|S_{pool}\| \sum_{i=1}^k v_i \right] \quad (2.6)$$

Keterangan:

$$S_{pool} = \frac{\sum_{i=1}^k v_i S_i}{\sum_{i=1}^k v_i} \quad (2.7)$$

$$c_i = \left[\sum_{i=1}^k \frac{1}{v_i} - \frac{1}{\sum_{i=1}^k v_i} \right] \left[\frac{2p^2 + 3p - 1}{6(p+1)(k-1)} \right] \quad (2.8)$$

Tolak H_0 jika $X^2_{hitung} \geq X^2_{0.5 (k-1)p (p+1)}$

Wilk's Lambda adalah rasio antara jumlah kuadrat dalam kelompok dan jumlah kuadrat total. Bila lamda mendekati 1 maka rata-rata grup cenderung tidak berbeda sedangkan bila mendekati nol maka rata-rata grup berbeda. Dengan menggunakan rumus, sebagai berikut.

$$\Lambda^* = \frac{|W|}{|B+W|} \frac{\left| \sum_{k=1}^m \sum_{j=1}^p (x_{jk} - \bar{x}_k)(x_{jk} - \bar{x}_{kl})^T \right|}{\left| \sum_{k=1}^m n_k (\bar{x}_k - \bar{x})(\bar{x}_k - \bar{x})^T + \sum_{k=1}^m \sum_{j=1}^p (x_{jk} - \bar{x}_k)(x_{jk} - \bar{x}_{kl})^T \right|} \quad (2.9)$$

(Johnson dan Wichern, 2002)

2.8 Uji Keacakan Data

Teknik analisis untuk menguji apakah data yang dijadikan sampel terpilih secara acak (Wayne W. Daniel, 1989). Langkah-langkah analisis pada uji keacakan data, sebagai berikut.

1. Hipotesis

H_0 : Sampel yang diambil dari suatu populasi adalah acak

H_1 : Sampel yang diambil dari suatu populasi tidak acak

2. Tentukan tingkat signifikansi (α)

3. Statistik uji pada sampel besar

Jika $(n_1, n_2) \geq 20$, sebagai berikut

$$z = \frac{r - \left\{ \frac{(2n_1 n_2) / (n_1 + n_2) + 1}{2} \right\}}{\sqrt{\frac{2n_1 n_2 (2n_1 n_2 - n_1 - n_2)}{(n_1 + n_2)^2 (n_1 + n_2 - 1)}}} \quad (2.10)$$

Keterangan:

r : run test

n_1 : Banyak data bertanda (+) atau huruf tertentu

n_2 : Banyak data bertanda (-) atau huruf tertentu

4. Daerah kritis pada sampel besar

Tolak H_0 jika $Z > Z_{\alpha/2}$ atau $Z < -Z_{\alpha/2}$ atau $p\text{-value} < \alpha$

2.9 Peta Kendali T^2 Hotelling

Untuk mengontrol dan memonitor mean proses pada kasus multivariat menggunakan metode peta kendali T^2 Hotelling (Montgomery, 2005).

Rata-rata dan varians dihitung dengan cara, sebagai berikut.

$$\bar{X}_{.jk} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_{ijk} \quad (2.11)$$

$$S_{.jk} = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_{ijk} - \bar{x}_{.jk})^2 \quad (2.12)$$

Dimana,

n = ukuran sampel

$j = 1, 2, \dots, n$

$k = 1, 2, \dots, p$

Matrik varian kovarian, sebagai berikut.

$$\mathbf{S} = \begin{bmatrix} S_{11} & S_{12} \\ S_{21} & S_{22} \end{bmatrix} \quad (2.13)$$

Setelah itu menghitung statistik T^2 Hotelling, sebagai berikut.

$$T^2 = n(\bar{x}_{i.k} - \bar{\bar{x}}_{.j})^T \mathbf{S}^{-1}(\bar{x}_{i.k} - \bar{\bar{x}}_{.j}) \quad (2.14)$$

Keterangan:

T^2 = Statistik uji untuk peta kendali dengan m pengamatan
($i = 1, 2, \dots, m$)

$\bar{x}_{ij.}$ = Vektor pengamatan ke- ij .

$\bar{\bar{x}}_{.j.}$ = Vektor rata-rata sampel

\mathbf{S}^{-1} = Matrik varian kovarian

Batas kontrol yang digunakan pada periode I dan periode II. Tujuan dari periode I adalah untuk mendapatkan pengamatan yang prosesnya terkendali, sehingga setelah terkendali pada periode I maka batas kendali periode I dapat digunakan untuk periode II. Batas kontrol yang digunakan pada periode I, sebagai berikut.

$$\text{BKA} = \frac{p(m-1)(n-1)}{mn - m - p + 1} \sim F_{\alpha, p, (mn-m-p+1)} \quad (2.15)$$

$$\text{BKB} = 0$$

Batas kontrol yang digunakan pada periode II, sebagai berikut.

$$\text{BKA} = \frac{p(m+1)(n-1)}{mn - m - p + 1} \sim F_{\alpha, p, (mn-m-p+1)} \quad (2.16)$$

$$\text{BKB} = 0$$

Keterangan:

p = banyaknya karakteristik kualitas

m = banyaknya subgroup

n = ukuran sampel

F = nilai yang diperoleh dari tabel dengan α ditetapkan oleh peneliti dan derajat bebas adalah p

Struktur data untuk peta kendali T^2 Hotelling, sebagai berikut.

Tabel 2.1 Orgnisasi data T^2 Hotelling

| Subgrup (i) | Sampel tiap Subgrup (j) | Karakteristik kualitas (k) | | | T_i^2 |
|-------------------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------|----------------------|----------|
| | | x_1 | x_2 | x_3 | |
| 1 | 1 | x_{111} | x_{112} | x_{113} | T_1^2 |
| | 2 | x_{121} | x_{122} | x_{123} | |
| | 3 | x_{131} | x_{132} | x_{133} | |
| | 4 | x_{141} | x_{142} | x_{143} | |
| | 5 | x_{151} | x_{152} | x_{153} | |
| | Rata-Rata | $\bar{x}_{1.1}$ | $\bar{x}_{1.2}$ | $\bar{x}_{1.3}$ | |
| | Varians | $S_{1.1}^2$ | $S_{1.2}^2$ | $S_{1.3}^2$ | |
| 2 | 1 | x_{211} | x_{212} | x_{213} | T_2^2 |
| | 2 | x_{221} | x_{222} | x_{223} | |
| | 3 | x_{231} | x_{232} | x_{233} | |
| | 4 | x_{241} | x_{242} | x_{243} | |
| | 5 | x_{251} | x_{252} | x_{253} | |
| | Rata-Rata | $\bar{x}_{2.1}$ | $\bar{x}_{2.2}$ | $\bar{x}_{2.3}$ | |
| | Varians | $S_{2.1}^2$ | $S_{2.2}^2$ | $S_{2.3}^2$ | |
| \vdots | \vdots | \vdots | \vdots | \vdots | \vdots |
| m | 1 | x_{m11} | x_{m12} | x_{m13} | T_m^2 |
| | 2 | x_{m21} | x_{m22} | x_{m23} | |
| | 3 | x_{m31} | x_{m32} | x_{m33} | |
| | 4 | x_{m41} | x_{m42} | x_{m43} | |
| | 5 | x_{m51} | x_{m52} | x_{m53} | |
| | Rata-Rata | $\bar{x}_{m.1}$ | $\bar{x}_{m.2}$ | $\bar{x}_{m.3}$ | |
| | Varians | $S_{m.1}^2$ | $S_{m.2}^2$ | $S_{m.3}^2$ | |
| Rata-Rata Keseluruhan Tiap Variabel | | $\bar{\bar{X}}_{.1}$ | $\bar{\bar{X}}_{.2}$ | $\bar{\bar{X}}_{.3}$ | |
| Rata-Rata Matrik Varians Kovarian | | $S_{.1}^2$ | $S_{.2}^2$ | $S_{.3}^2$ | |

2.10 Peta Kendali *Generalized Variance* (GV)

Peta kendali *Generalized Variance* (GV) merupakan salah satu alat untuk mengontrol variabilitas (Montgomery, 2005).

Peta kendali GV digunakan untuk menguji varians dengan menggunakan rata-rata determinan $E(|S|)$ dan varians determinan $V(|S|)$. Variabilitas proses dapat digambarkan dari matrik varian kovarian. Diagonal utama dari matrik tersebut merupakan varians dan elemen lainnya adalah kovariannya.

$$E(|S|) = b_1 |\Sigma| \quad (2.17)$$

dan,

$$V(|S|) = b_2 |\Sigma|^2 \quad (2.18)$$

dimana,

$$b_1 = \frac{1}{(n-1)^p} \prod_{i=1}^p (n-i),$$

$$b_2 = \frac{1}{(n-1)^{2p}} \prod_{i=1}^p (n-i) \cdot \left\{ \prod_{j=1}^p (n-j+2) - \prod_{j=1}^p (n-j) \right\} \quad (2.19)$$

Batas kendali, sebagai berikut.

$$\text{BKA} = (|S|/b_1)(b_1 + 3b_2^{0.5})$$

$$\text{GT} = b_1 |\Sigma| \quad (2.20)$$

$$\text{BKB} = (|S|/b_1)(b_1 - 3b_2^{0.5})$$

Proses dikatakan terkendali jika titik-titik pengamatan terletak di dalam batas kendali, sedangkan proses dikatakan tidak terkendali jika terdapat titik-titik pengamatan yang terletak di luar batas kendali.

2.11 Peta Kendali \bar{X} dan R

Peta kendali \bar{X} dan R adalah peta kendali untuk mengendalikan proses berdasarkan rata-rata (\bar{X}) dan range (R), peta kendali \bar{X} dan R ukuran sampel (n) kecil yaitu dari 4 sampai dengan 6 (Montgomery, 2005).

Batas-batas yang digunakan untuk peta kendali \bar{X} , sebagai berikut.

$$\begin{aligned} \text{Batas kendali bawah (BKA)} &= \bar{\bar{X}} + \frac{3\bar{R}}{d_2\sqrt{n}} \\ \text{Garis tengah (GT)} &= \bar{\bar{X}} \\ \text{Batas kendali bawah (BKB)} &= \bar{\bar{X}} - \frac{3\bar{R}}{d_2\sqrt{n}} \end{aligned} \quad (2.21)$$

atau

$$\begin{aligned} \text{Batas Kendali Atas (BKA)} &= \bar{\bar{X}} + A_2\bar{R} \\ \text{Garis Tengah (GT)} &= \bar{\bar{X}} \\ \text{Batas Kendali Bawah (BKB)} &= \bar{\bar{X}} - A_2\bar{R} \end{aligned} \quad (2.22)$$

$$\text{nilai } A_2 = \frac{3}{d_2\sqrt{n}} \quad (2.23)$$

Nilai A_2 didapat pada tabel. Batas-batas yang dipergunakan dalam peta R, sebagai berikut.

$$\begin{aligned} \text{Batas kendali bawah (BKA)} &= \bar{R} + 3d_3 \frac{\bar{R}}{d_2} \\ \text{Garis tengah (GT)} &= \bar{R} \\ \text{Batas kendali bawah (BKB)} &= \bar{R} - 3d_3 \frac{\bar{R}}{d_2} \end{aligned} \quad (2.24)$$

atau

$$\begin{aligned} \text{Batas kendali bawah (BKA)} &= D_4 \bar{R} \\ \text{Garis tengah (GT)} &= \bar{R} \\ \text{Batas kendali bawah (BKB)} &= D_3 \bar{R} \end{aligned} \quad (2.25)$$

dimana, sebagai berikut.

$$D_3 = 1 - 3 \frac{d_3}{d_2} \quad (2.26)$$

$$D_4 = 1 + 3 \frac{d_3}{d_2} \quad (2.27)$$

Nilai d_3 dan d_4 dari tabel d_3 dan d_4 .

2.12 Penentuan Variabel Penyebab *Out-of-Control*

Variabel penyebab terjadinya *Out-of-Control* sangat penting dilakukan karena tujuan dari peta kendali adalah melakukan perbaikan proses, sebagai berikut.

$$d_j = \mathbf{T}^2 - \mathbf{T}_{(i)}^2 \quad (2.28)$$

Keterangan:

T^2 = nilai statistik dari semua variabel berdistribusi $\chi^2_{\alpha,p}$

$T^2_{(i)}$ = nilai statistik T^2 tanpa mengikutkan variabel ke- i

Nilai d_j dibandingkan dengan $\chi^2_{\alpha,2}$ jika nilai $d_j > \chi^2_{\alpha,2}$ maka variabel ke- i adalah penyebab *Out-of-Control*.

2.13 Digram Ishikawa

Menurut Montgomery (2005), diagram Ishikawa menunjukkan hubungan antara suatu masalah dan kemungkinan penyebabnya. Tujuannya untuk mengetahui faktor-faktor yang menjadi penyebab terjadinya suatu masalah. Sedangkan, yang menyebabkan terjadinya masalah ada 4M+L yaitu material, manusia, mesin, metode, dan lingkungan. Manfaat dari diagram sebab akibat dapat mengidentifikasi sebab terjadinya masalah dan membantu mengantisipasi timbulnya suatu masalah.

2.14 Kapabilitas Proses

Kapabilitas proses adalah suatu studi keteknikan untuk menaksir kemampuan proses (Montgomery, 2005). Proses dikatakan kapabel jika keadaan terkendali, memenuhi batas spesifikasi dan tingkat presisi dan akurasi tinggi

Presisi adalah ukuran pendekatan antara suatu pengamatan dengan pengamatan yang lain. Sedangkan akurasi adalah ukuran kedekatan pengamatan dengan nilai target dalam spesifikasi. Indeks C_p menandakan presisi dari sebuah sebaran proses produksi dan Indeks C_{pk} menandakan tingkat akurasi dari suatu proses produksi.

Menurut Bothe (1997), indeks C_{pk} maupun $P_{pk}^{\%}$, diklasifikasikan menjadi beberapa kelas, sebagai berikut.

Tabel 2.2 Klasifikasi C_p atau $P_p\%$

| C_{pk} atau $P_{pk}\%$ | Kesimpulan |
|--------------------------|--|
| < 1 | Proses tidak mencapai spesifikasi yang telah ditetapkan |
| $= 1$ | Proses tepat berada pada spesifikasi yang telah ditetapkan |
| > 1 | Proses melebihi spesifikasi yang telah ditetapkan |

Sumber : Bothe, D. R. 1997

Klasifikasi untuk indeks C_p dan $P_p\%$, sebagai berikut.

Tabel 2.3 Klasifikasi C_p atau $P_p\%$

| Indeks C_p atau $P_p\%$ | Kesimpulan |
|---------------------------|--------------|
| $2,00 \leq C_p$ | Hebat |
| $1,67 \leq C_p < 2,00$ | Bagus Sekali |
| $1,33 \leq C_p < 1,67$ | Baik |
| $1,00 \leq C_p < 1,33$ | Cukup Baik |
| $0,67 \leq C_p < 1,00$ | Buruk |
| $0,00 \leq C_p < 0,67$ | Sangat Buruk |

Sumber : Bothe, D. R. 1997

2.14.1 Kapabilitas Proses Multivariate

Indeks nilai kapabilitas multivariat dapat ditulis. sebagai berikut (Kotz, 1993).

$$C_p = \frac{k}{X_{p,0.9973}} \left(\frac{(m-1)p}{h} \right)^{\frac{1}{2}} \quad (2.29)$$

Keterangan:

m = pengamatan yang ada pada peta kendali yang sudah terkendali

p = banyaknya karakteristik kualitas

$X^2_{(0,9973)}$ = Batasan produk sebenarnya dengan probabilitas ketidaksesuaian 0,27%, jika karakteristik kualitas sebanyak 2 maka $X^2_{(2;0,9973)}$ = sebesar 11, 8290 (dengan melihat tabel X^2)

Dimana k adalah daerah proses sebenarnya yang didapat dari akar k^2 , nilai k^2 , sebagai berikut.

$$k^2 = (\bar{X}_j - \xi)' V_0^{-1} (\bar{X}_j - \xi) \quad (2.30)$$

Keterangan :

V_0^{-1} = invers matrik varian-kovarian dari kedua variabel karakteristik kualitas.

Untuk nilai target (ξ) dari batas spesifikasi setiap variabel karakteristik, sebagai berikut.

$$\xi = \frac{1}{2} (BSA + BSB) \quad (2.31)$$

Untuk mendapatkan nilai kapabilitas proses, juga perlu mengetahui nilai h , sebagai berikut.

$$h = \sum_{j=1}^n (X_j - \bar{X}_k)' \underline{A}^{-1} (X_j - \bar{X}_k) \quad (2.32)$$

2.14.2 Kapabilitas Proses Univariate

Indeks C_p dapat dihitung (Montgomery, 2005), sebagai berikut.

$$C_p = \frac{BSA - BSB}{6\sigma} \quad (2.33)$$

Dimana:

BSA = Batas Spesifikasi Atas

BSB = Batas Spesifikasi Bawah

C_p untuk proses produksi dengan hanya satu batas spesifikasi atas dapat dihitung dengan menggunakan indeks C_{pu} . (Bothe, 1997), sebagai berikut.

$$C_{pu} = \frac{BSA - \mu}{3\sigma} \quad (2.34)$$

Untuk proses produksi yang hanya memiliki batas spesifikasi bawah dapat dihitung dengan menggunakan indeks C_{pl} , sebagai berikut.

$$C_{pl} = \frac{\mu - BSB}{3\sigma} \quad (2.35)$$

Indeks C_{pk} dapat, sebagai berikut.

$$C_{pk} = \min (C_{pu}, C_{pl}) \quad (2.36)$$

Keterangan:

C_p : Kapabilitas Proses

C_{pu} : Kapabilitas Proses Atas

C_{pl} : Kapabilitas Proses Bawah

C_{pk} : Indeks Kapabilitas Proses

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Variabel Kualitas

Variabel pengukuran kualitas proses produksi air minum, dari lima variabel kualitas yang digunakan hanya tiga variabel, hal ini dikarenakan kedua variabel yang tidak digunakan banyak data yang *missing* atau kosong. Ketiga variabel kualitas air produksi tersebut, sebagai berikut.

Tabel 3.1 Variabel Pengukuran Kualitas Air Produksi

| No. | Variabel | Satuan | Keterangan |
|-----|-----------------------------------|--------|---|
| 1. | Kekeruhan | NTU | Jumlah bahan tersuspensi dalam kolam air. Bahan-bahan tersuspensi termasuk lanau, lempung dan pasir (sedimen), komunitas fitoplankton dan detritus (pembusukan bahan 23 organik). |
| 2. | Alkanitas | ppm | Penyangga(<i>buffer</i>) perubahan pH air (pH naik atau basa) dan indikasi kesuburan yang diukur dengan kandungan karbonat |
| 3. | Karbendioksida (CO ₂) | ppm | Sejenis senyawa kimia yang terdiri dari dua atom oksigen yang terikat secara kovalen dengan sebuah atom karbon |

Bila alkanitas naik maka karbendioksida juga naik, bila alkanitas turun maka karbendioksida juga turun, sehingga metode yang digunakan adalah peta kendali multivariate karena ada korelasi secara kimia. Variabel kekeruhan tidak berkorelasi dengan variabel alkanitas maupun karbendioksida, sehingga metode yang digunakan adalah peta kendali \bar{X} dan R.

3.2 Pengambilan Sampel

Data yang digunakan adalah data sekunder yang diperoleh dari bagian Laboratorium Intalasi Penjernihan Air Minum (IPAM) Karangpilang I Kota Surabaya. Data yang digunakan adalah data pemeriksaan parameter kualitas air produksi sebesar 200 hari, dalam satu hari diambil 1 pengamatan tiap variabel. Pengambilan sampel air produksi dilakukan setelah melalui proses treatment. Pengambilan sampel untuk periode I sebanyak 95 hari dilakukan pada tanggal 1 Januari 2012 – 29 Juni 2012 sedangkan untuk periode II sebanyak 105 hari dilakukan tanggal 2 Juli 2012 – 21 Desember 2012, sampel subgroup adalah mingguan yang terdiri dari 5 hari. Pengambilan sampel tersebut akan diambil air setelah di treatment yang akan diuji di laboratorium. Pengambilan sampel dilakukan pada hari efektif kerja yaitu hari senin sampai hari jum'at. Sampel air produksi diambil dari tempat penampungan air yang dialirkan pada satu tempat kemudian diambil air dalam takaran tertentu yang akan dilakukan uji di laboratorium (Gambar 2.1).

Persyaratan parameter pengujian kualitas air minum untuk air produksi, sebagai berikut.

Tabel 3.2 Persyaratan Parameter Pengujian Kualitas Air Minum Untuk Air Produksi

| Parameter | Satuan | Metode | Kadar Maksimum Yang Diperbolehkan |
|-----------------------------------|--------|--------------|-----------------------------------|
| Kekeruhan | NTU | Turbidimetri | 5 |
| Alkanitas | ppm | Volumetri | 500 |
| Karbondioksida (CO ₂) | ppm | Volumetri | 50 |

Sumber : Peraturan Menteri Nomor : 492/Menkes/Per/IV/2010 Tanggal 19 April 2010 dan Tentang Persyaratan Kualitas Air Minum

3.3 Langkah- Langkah Analisis

Langkah-langkah dalam penelitian ini, sebagai berikut.

1. Langkah-langkah yang dilakukan untuk mencapai tujuan pertama yaitu melakukan uji pergeseran proses, sebagai berikut.

- a. Deskripsi variabel kualitas
- b. Perbandingan air baku dan air produksi
- c. Pengujian asumsi, sebagai berikut.
 1. Uji korelasi antara variabel alkalinitas dengan karbondioksida periode I dan II
 2. Uji distribusi normal multivariat dan univariat pada periode I dan II
 3. Uji keacakan data pada periode I dan II
 4. Uji kehomogenan data pada periode I dan II
- b. Pengujian pergeseran proses periode I dan II

2. Untuk mencapai tujuan kedua yaitu melakukan perhitungan kapabilitas proses, untuk mengetahui kualitas air minum tersebut kapabel atau tidak, sebagai berikut.

- a. Menganalisis kualitas proses secara multivariat dengan membuat peta kendali *Generalized Variance* (GV) dan T^2 Hotelling.
 1. Menganalisis periode I, dengan membuat peta kendali *Generalized Variance* (GV) dan T^2 Hotelling
 2. Menganalisis periode II, pada analisis periode I jika proses telah terkendali secara statistik maka batas kendali periode I akan digunakan untuk analisis periode II jika plot tidak keluar batas kendali. Bila plot keluar batas kendali maka dibentuk batas kendali baru untuk periode II.
- b. Menganalisis kualitas proses secara univariat dengan membuat peta kendali \bar{X} dan R.
- c. Menentukan indeks kapabilitas proses.

Berikut langkah menganalisis dalam membuat peta kendali *Generalized Variance* (GV) dan T^2 Hotelling pada tabel 3.3. Dan untuk lebih jelasnya akan digambarkan langkah analisis pada gambar 3.1

Tabel 3.3 Struktur Data T^2 Hotelling, GV dan \bar{X} , R

| Subgrup (i) | Sampel tiap Subgrup (j) | Karakteristik kualitas (k) | | | T_i^2 | GV_i |
|--|-------------------------------|-------------------------------|----------------------|----------------------|---------|--------|
| | | x_1 | x_2 | x_3 | | |
| 1 | 1 | x_{111} | x_{112} | x_{113} | T_1^2 | GV_1 |
| | 2 | x_{121} | x_{122} | x_{123} | | |
| | 3 | x_{131} | x_{132} | x_{133} | | |
| | 4 | x_{141} | x_{142} | x_{143} | | |
| | 5 | x_{151} | x_{152} | x_{153} | | |
| | Rata-Rata | $\bar{x}_{1.1}$ | $\bar{x}_{1.2}$ | $\bar{x}_{1.3}$ | | |
| | Varians | $S_{1.1}^2$ | $S_{1.2}^2$ | $S_{1.3}^2$ | | |
| | Range | $R_{1.1}$ | $R_{1.2}$ | $R_{1.3}$ | | |
| 2 | 1 | x_{211} | x_{212} | x_{213} | T_1^2 | GV_1 |
| | 2 | x_{221} | x_{222} | x_{223} | | |
| | 3 | x_{231} | x_{232} | x_{233} | | |
| | 4 | x_{241} | x_{242} | x_{243} | | |
| | 5 | x_{251} | x_{252} | x_{253} | | |
| | Rata-Rata | $\bar{x}_{2.1}$ | $\bar{x}_{2.2}$ | $\bar{x}_{2.3}$ | | |
| | Varians | $S_{2.1}^2$ | $S_{2.2}^2$ | $S_{2.3}^2$ | | |
| | Range | $R_{2.1}$ | $R_{2.2}$ | $R_{2.3}$ | | |
| ⋮ | ⋮ | ⋮ | ⋮ | ⋮ | ⋮ | ⋮ |
| m | 1 | x_{111} | x_{112} | x_{113} | T_m^2 | GV_m |
| | 2 | x_{121} | x_{122} | x_{123} | | |
| | 3 | x_{131} | x_{132} | x_{133} | | |
| | 4 | x_{141} | x_{142} | x_{143} | | |
| | 5 | x_{151} | x_{152} | x_{153} | | |
| | Rata-Rata | $\bar{x}_{1.1}$ | $\bar{x}_{1.2}$ | $\bar{x}_{1.2}$ | | |
| | Varians | $S_{m.1}^2$ | $S_{m.2}^2$ | $S_{m.3}^2$ | | |
| | Range | $R_{m.1}$ | $R_{m.2}$ | $R_{m.3}$ | | |
| Rata-Rata Keseluruhan Tiap Variabel | | $\bar{\bar{X}}_{.1}$ | $\bar{\bar{X}}_{.2}$ | $\bar{\bar{X}}_{.3}$ | | |
| Rata-Rata Matrik Varians Kovarian | | $S_{.1}^2$ | $S_{.2}^2$ | $S_{.3}^2$ | | |
| Rata-Rata Range | | $\bar{R}_{.1}$ | $\bar{R}_{.2}$ | $\bar{R}_{.3}$ | | |

Keterangan:

m = banyaknya subgroup.

n = banyaknya data.

k = karakteristik kualitas.

$\bar{X}_{i,k}$ = rata-rata tiap subgroup karakteristik kualitas.

$$\bar{X}_{i,k} = \frac{\sum_{i=1}^5 X_{ijk}}{5}$$

$S_{i,k}^2$ = varians kovarian tiap karakteristik kualitas.

$$S_{ijk}^2 = \frac{1}{5-1} \sum_{i=1}^5 (X_{ijk} - \bar{X}_{i,k})^2$$

T_i^2 = titik pengamatan Peta Kendali T^2 Hotelling.

$$T^2 = n(\bar{x}_{i,k} - \bar{\bar{x}}_{j.})^T S^{-1}(\bar{x}_{i,k} - \bar{\bar{x}}_{j.}).$$

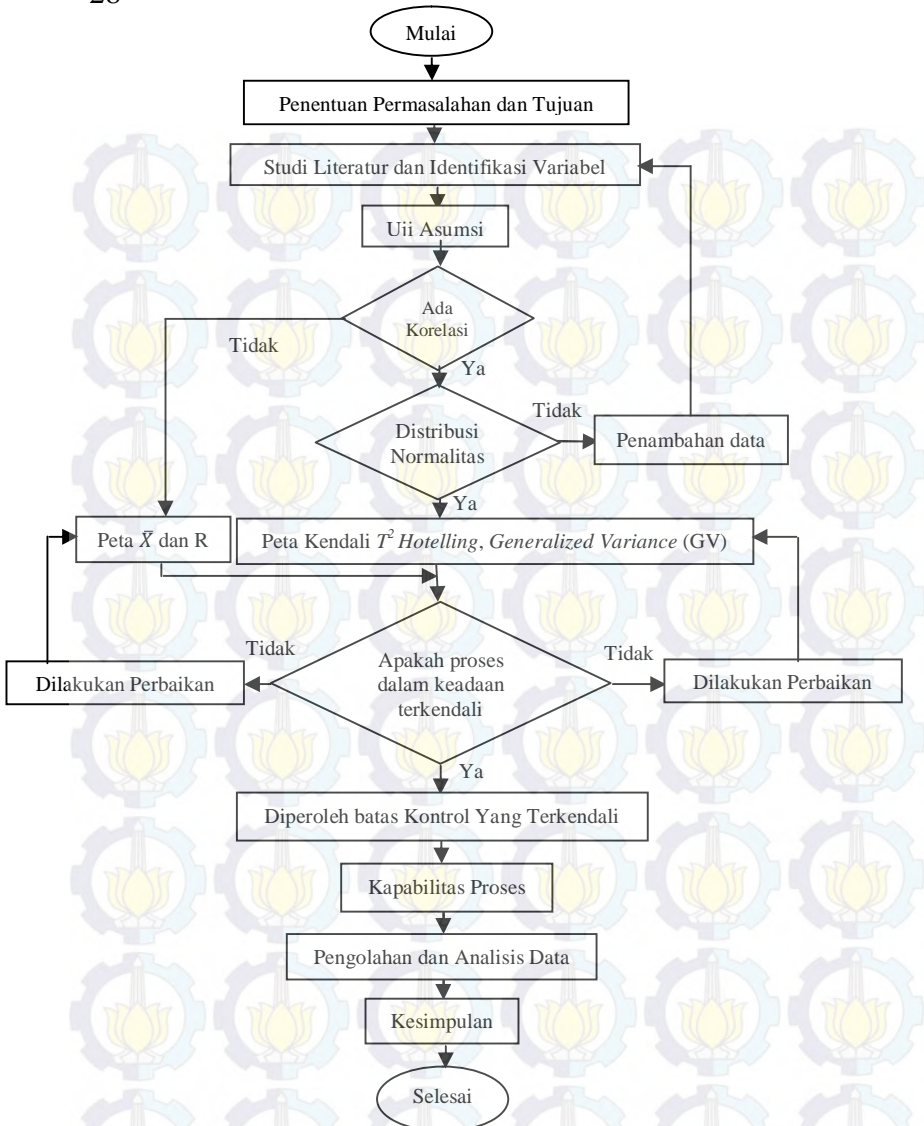
G_i = titik pengamatan peta kendali GV.

\bar{R} = rata-rata range.

i = subgroup ke 1, 2, ... m

j = sampel tiap subgroup ke 1, 2, ... n

k = variabel ke 1, 2, ... p



Gambar 3.1 *Flow Chart* Langkah Analisis

BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini menjelaskan hasil analisis dari permasalahan yang ada yaitu statistik deskriptif pengendalian kualitas air minum, pengujian peta kendali dan perhitungan indeks kapabilitas proses terhadap kualitas produksi air minum di Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM) Surya Sembada Kota Surabaya.

4.1 Deskripsi Variabel Kualitas Januari – Juni 2012 dan Juli - Desember 2012

Analisis deskriptif variabel kualitas pengendalian kualitas air minum (Lampiran A) dengan menggunakan persamaan 2.1 dan 2.2 didapatkan hasil pada Tabel 4.1, sebagai berikut.

Tabel 4.1 Deskripsi Kualitas Januari – Juni 2012 dan Juli - Desember 2012

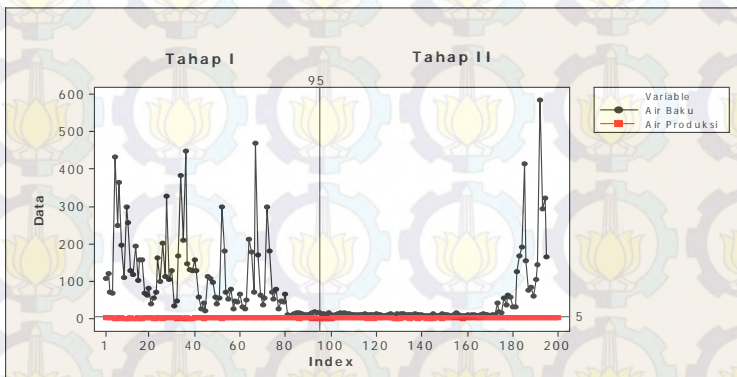
| Januari – Juni 2012 Periode Januari – Juni 2012 | | | | | | | |
|--|-----|--------|---------|--------|--------|-------------------|-----|
| Variabel | N | Mean | Varians | Min | Max | Batas Spesifikasi | |
| | | | | | | BSA | BSB |
| Kekeruhan | 95 | 0,8239 | 0,0204 | 0,5550 | 1,2750 | 5 | - |
| Alkanitas | 95 | 158,48 | 600,76 | 90,90 | 213,62 | 500 | 0 |
| Karbon-dioksida | 95 | 22,177 | 29,814 | 9,074 | 42,916 | 50 | 0 |
| Januari – Juni 2012 Periode Juli - Desember 2012 | | | | | | | |
| Variabel | N | Mean | Varians | Min | Max | Batas Spesifikasi | |
| | | | | | | BSA | BSB |
| Kekeruhan | 105 | 0,8907 | 0,0580 | 0,2800 | 1,9800 | 5 | - |
| Alkanitas | 105 | 180,33 | 970,43 | 95,74 | 227,25 | 500 | 0 |
| Karbon-dioksida | 105 | 12,854 | 30,041 | 4,398 | 31,869 | 50 | 0 |

Tabel 4.1 pada Januari – Juni 2012 menunjukkan bahwa statistik deskriptif variabel pengendalian kualitas air minum pada air produksi atau air setelah dilakukan treatment diperoleh rata-rata kualitas air minum dari variabel kekeruhan sebesar 0,8239,

hal ini menunjukkan bahwa makin kecil tingkat kekeruhan makin baik selanjutnya pada alkanitas sebesar 158,48 dan pada karbondioksida sebesar 22,177. Nilai maksimum kekeruhan, alkanitas dan karbondioksida sudah didalam batas spesifikasi yang diperbolehkan oleh dinas kesehatan, yaitu masing-masing sebesar $1,2750 < 5$, $213,62 < 500$ dan $42,916 < 50$. Sedangkan Januari – Juni 2012 diperoleh rata-rata kualitas air minum dari variabel kekeruhan sebesar 0,8907, hal ini menunjukkan bahwa makin kecil tingkat kekeruhan makin baik selanjutnya pada alkanitas sebesar 180,33 dan pada karbondioksida sebesar 12,854. Nilai maksimum kekeruhan, alkanitas dan karbondioksida sudah didalam batas spesifikasi yang diperbolehkan oleh dinas kesehatan, yaitu masing-masing sebesar $1,98000 < 5$, $227,25 < 500$ dan $31,869 < 50$.

4.2 Perbandingan Air Baku dan Air Produksi

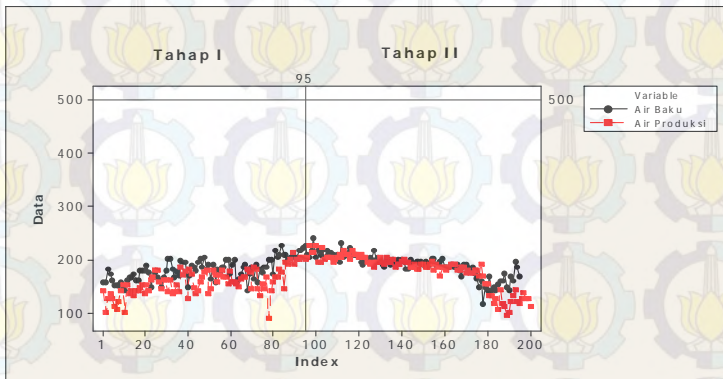
Perbandingan air baku dan air produksi selama 2 periode yaitu Januari – Juni 2012 dan Juli - Desember 2012 pada ketiga variabel kualitas pengendalian kualitas air minum dapat dilihat pada Gambar 4.1 sedangkan data ada di Lampiran A.



Gambar 4.1 Kekeruhan Air Baku dan Air Produksi Januari–Juni dan Juli-Desember 2012

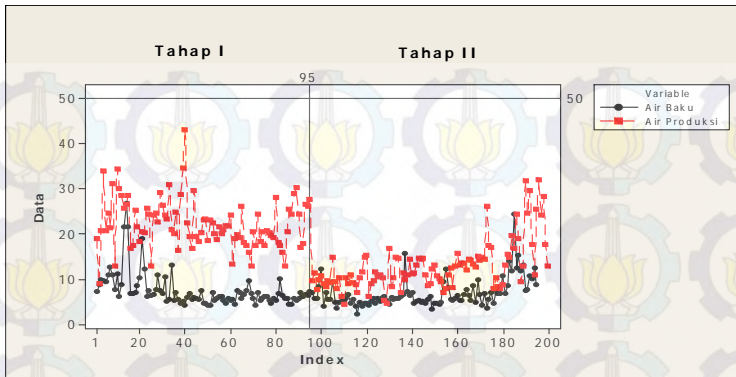
Gambar 4.1 menunjukkan bahwa hasil pengamatan kualitas air minum Januari – Juni 2012 (tahap I) dan Juli -

Desember 2012 (tahap II). Berdasarkan variabel kekeruhan, air baku atau air sebelum dilakukan treatment memiliki tingkat kekeruhan yang melebihi batas spesifikasi atas sebesar 5, akan tetapi setelah dilakukan treatment atau air produksi sudah memenuhi batas spesifikasi, hal ini mengidentifikasi bahwa treatment yang telah dilakukan berjalan dengan baik.



Gambar 4.2 Alkanitas air Baku dan Air Produksi Pada Januari – Juni dan Juli – Desember 2012

Gambar 4.2 pada variabel alkanitas bahwa air baku dan air produksi memenuhi batas spesifikasi yang telah ditetapkan yaitu sebesar 500. Pada air baku memiliki kecenderungan tingkat alkanitas lebih tinggi dibandingkan air produksi, hal ini mengidentifikasi bahwa treatment yang telah dilakukan berjalan dengan baik. Pada gambar 4.3 pada variabel karbondioksida bahwa air baku atau air sebelum dilakukan treatment dan air produksi memenuhi batas spesifikasi yang telah ditetapkan yaitu sebesar 50. Pada air baku memiliki kecenderungan tingkat karbondioksida lebih rendah dibandingkan air produksi, hal ini mengidentifikasi bahwa treatment yang telah dilakukan tidak berjalan dengan baik.



Gambar 4.3 Karbondioksida air Baku dan Air Produksi Januari–Juni dan Juli–Desember 2012

4.3 Pengujian Asumsi

Pengujian asumsi meliputi uji korelasi untuk mengetahui apakah variabel alkalinitas dan karbondioksida saling berkorelasi atau tidak, jika berkorelasi maka analisis yang digunakan adalah analisis pengendalian kualitas statistik secara multivariat, bila tidak saling berkorelasi maka analisis yang digunakan adalah analisis statistik secara univariat. Uji distribusi normal bertujuan untuk mengetahui apakah data berdistribusi normal atau tidak. Keacakan data bertujuan untuk menguji apakah data yang dijadikan sampel terpilih secara acak atau tidak dan kehomogenan data digunakan untuk mengetahui apakah sampel di setiap subgrup telah homogen atau tidak, sebagai berikut.

4.3.1 Uji Bartlett's

Uji *Bartlett's* digunakan untuk mengetahui matriks korelasi dalam kasus multivariat. Jika variabel saling berhubungan atau berkorelasi, maka analisis yang digunakan adalah analisis pengendalian kualitas statistika multivariat, akan tetapi jika tidak saling berhubungan atau berkorelasi, maka analisis yang digunakan adalah analisis pengendalian kualitas statistika univariat.

Pengujian hipotesis pada air produksi, sebagai berikut.

$$H_0 : \rho = \mathbf{I} \text{ (Matrik korelasi = matrik identitas)}$$

$$H_1 : \rho \neq \mathbf{I} \text{ (Matrik korelasi} \neq \text{matrik identitas)}$$

Tolak H_0 jika $P_value < \alpha$. Pada (Lampiran D) didapatkan P_value pada periode tahap I sebesar 0,791 (Lampiran D1) sehingga $P_value > \alpha$ yaitu $0,791 > 0,05$ yang artinya gagal tolak H_0 . Hal ini menunjukkan bahwa variabel alkanitas dan karbondioksida tidak saling berhubungan atau tidak berkorelasi. Pada periode tahap Juli - Desember 2012 sebesar 0,000 (Lampiran D2) sehingga $P_value < \alpha$ atau $0,000 < 0,05$ yang artinya tolak H_0 . Hal ini menunjukkan bahwa variabel alkanitas dan karbondioksida saling berhubungan atau berkorelasi.

4.3.2 Uji Distribusi Normal Multivariat

Asumsi yang harus dipenuhi untuk dapat melanjutkan analisis adalah data berdistribusi normal multivariat dengan menggunakan persamaan 2.4. Pada Januari – Juni 2012 dengan menggunakan *macro Minitab* (Lampiran C1) didapatkan nilai jarak di^2 yang kurang dari $\chi^2_{p(0,5)}$ sebesar 0.61% (Lampiran C2) sedangkan untuk Januari – Juni 2012 didapatkan nilai jarak di^2 yang kurang dari $\chi^2_{p(0,5)}$ sebesar 0.60% (Lampiran C3) maka disimpulkan bahwa data kualitas air minum Januari – Juni 2012 dan Juli - Desember 2012 pada variabel alkanitas dan karbondioksida telah berdistribusi normal multivariat, karena t lebih dari 50%. Dapat dilihat juga pada (Lampiran C2 dan C3) merupakan gambar diagram pencar, dapat dilihat bahwa titik pengamatan tersebar mendekati garis distribusi normal. Sehingga dapat disimpulkan bahwa secara visual, data kualitas air minum mengikuti pola persebaran multinormal.

4.3.3 Uji Distribusi Normal Univariate

Asumsi yang harus dipenuhi untuk dapat melanjutkan analisis adalah data berdistribusi normal univariat pada variabel kekeruhab dengan menggunakan Persamaan 2.5. Pada Januari – Juni 2012 didapatkan nilai P_value sebesar 0,097 (Lampiran E1), maka gagal tolak H_0 karena $p\text{-value} (0,097) > 0,05$. Hal ini menunjukkan bahwa variabel kekeruhan Januari – Juni 2012 berdistribusi normal sedangkan untuk Januari – Juni 2012

didapatkan nilai P_value sebesar 0,01 (Lampiran E4) sehingga tolak H_0 yaitu sebesar $0,01 < 0,05$. Artinya variabel kekeruhan Januari – Juni 2012 tidak berdistribusi normal.

4.3.4 Uji Keacakan Data

Uji keacakan data kualitas produksi air minum pada variabel kekeruhan, alkanitas dan karbondioksida, sebagai berikut.

Hipotesis

H_0 : Data pengamatan kualitas produksi air minum diambil secara acak

H_1 : Data pengamatan kualitas produksi air minum diambil tidak secara acak

Statistik uji yang digunakan pada Persamaan 2.10. Pengujian keacakan data ini akan menghasilkan keputusan tolak H_0 jika $Z > Z_{\alpha/2}$ atau $Z < -Z_{\alpha/2}$ atau $p_Value < \alpha$. Nilai p_Value yaitu pada bulan Januari – Juni 2012 pada variabel kekeruhan sebesar $0,083 > 0,05$ sehingga keputusannya gagal tolak H_0 , Alkanitas sebesar $0,000 < 0,05$ keputusannya tolak H_0 , Karbondioksida $0,013 < 0,05$ keputusannya tolak H_0 . Sedangkan pada periode Juli - Desember 2012 untuk variabel kekeruhan, alkanitas dan karbondioksida memiliki nilai p_Value sebesar 0,000 sehingga keputusannya tolak H_0 hal ini dikarenakan nilai $0,000 < 0,05$ (Lampiran F). Jadi dapat disimpulkan bahwa data pengamatan pada kualitas produksi air minum telah terambil secara acak pada Januari – Juni 2012 untuk variabel kekeruhan dan pada variabel alkanitas dan karbondioksida tidak terambil secara acak sedangkan pada Juli – Desember 2012 untuk semua variabel tidak terambil secara acak.

4.3.5 Uji Homogenitas Januari – Juni 2012 dan Juli - Desember 2012

Uji Homogenitas pada variabel alkanitas dan karbondioksida dengan menggunakan Persamaan 2.6 dilakukan untuk mengetahui apakah variabel setiap subgrup kualitas air

minum apakah homogen. Hipotesis yang digunakan, sebagai berikut.

Hipotesis

H_0 : Data pengamatan kualitas produksi air minum homogen

H_1 : Data pengamatan kualitas produksi air minum tidak homogen

Hasil uji homogenitas data pada Tabel 4.3. (Lampiran G) dengan menggunakan Persamaan 2.6 didapatkan nilai Box's M sebesar $6,479 < \chi^2_{0,5;(24)}$ sebesar 23,3367 sehingga gagal tolak H_0 . Jadi dapat disimpulkan bahwa data pengamatan pada kualitas produksi air minum telah homogen untuk variabel alkanitas dan karbondioksida.

4.4 Uji Pergeseran Proses Januari – Juni 2012 dan Juli – Desember 2012

Uji pergeseran dilakukan pada variabel alkanitas dan karbondioksida yang bertujuan untuk mengetahui apakah terdapat perbedaan kualitas air minum yang signifikan antara Januari – Juni 2012 dan Juli – Desember 2012, untuk mengetahui perbedaan tersebut digunakan Persamaan 2.9 karena ingin mengetahui Januari – Juni 2012 dan Juli - Desember 2012 apakah terjadi pergeseran proses. Hasil analisis *Wilk's Lambda* (Lampiran F) dapat dilihat pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2 Hasil Analisis MANOVA

| Statistik Uji | Nilai | Sig. |
|----------------------|-------|-------|
| <i>Wilk's Lambda</i> | 0.987 | 0,000 |

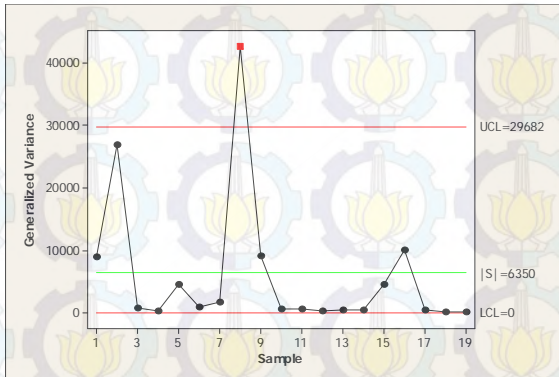
Tabel 4.2 menunjukkan bahwa semua statistik uji memiliki nilai signifikansi yaitu 0,000 sehingga kurang dari α sebesar 0,05 jadi dapat disimpulkan bahwa ada perbedaan yang signifikan antara proses Januari – Juni 2012 dan Juli – Desember 2012, hal ini menunjukan bahwa proses Januari – Juni 2012 tidak dapat digunakan untuk proses Juli – Desember 2012.

4.5 Evaluasi Kualitas Proses Secara Multivariat

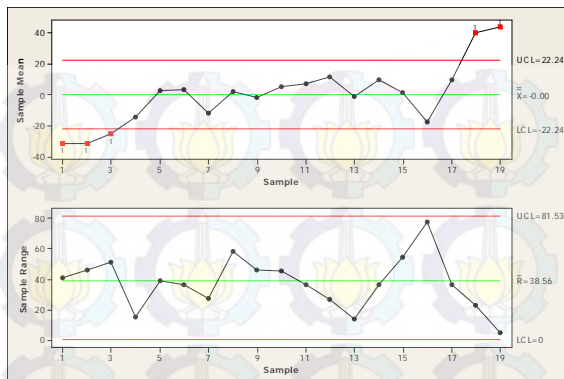
Evaluasi kualitas proses berdasarkan dua aspek yaitu variabilitas dan mean meliputi evaluasi terhadap peta kendali *Generalized Variance* (GV) digunakan Persamaan 2.20 dan T^2 Hotelling digunakan Persamaan 2.14, sebagai berikut.

4.5.1 Evaluasi Variabilitas Proses periode Januari – Juni 2012

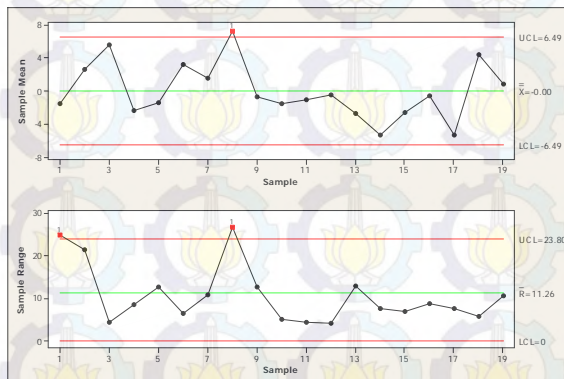
Peta kendali *Generalized Variance* (GV) pada Januari – Juni 2012, dapat dilihat di Gambar 4.4 Gambar ini menunjukkan bahwa data pengamatan kualitas air minum tidak dalam keadaan terkendali secara statistik hal ini dikarenakan ada titik berada diluar batas kendali yaitu titik pengamatan Minggu ke-8 yaitu pada observasi Minggu ke-8. Pada titik yang keluar batas kendali tersebut dicari variabel yang mana yang menyebabkan tidak terkendali dengan melihat secara univariat dengan peta kendali \bar{X} dan R dengan menggunakan Persamaan 2.21 dan 2.24 pada Gambar 4.5 dan 4.6.



Gambar 4.4 Peta GV Januari – Juni 2012



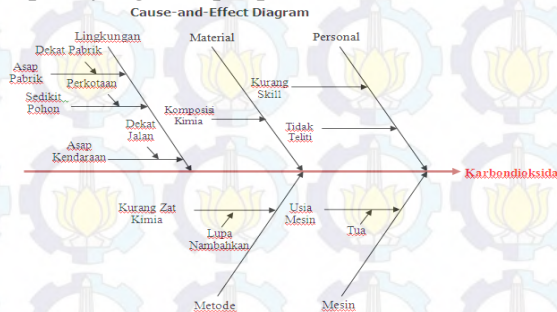
Gambar 4.5 Peta Kendali \bar{X} dan R Variabel Alkanitas



Gambar 4.6 Peta Kendali \bar{X} dan R Variabel Karbondioksida

Gambar 4.5 dan 4.6 pada pengamatan ke-8 pada peta kendali *Generalized Variance* (GV) Januari – Juni 2012 terdapat pada variabel karbondioksida, hal ini dikarenakan ada titik pengamatan ke-8 yang keluar batas kendali pada variabel karbondioksida. Maka dapat disimpulkan bahwa variabel karbondioksida yang menyebabkan peta kendali *Generalized Variance* (GV) Januari – Juni 2012 tidak terkontrol. Berdasarkan informasi yang telah didapatkan, faktor-faktor penyebab tidak

terkendalnya karbondioksida dapat digambarkan dengan diagram *Ishikawa* seperti yang terdapat pada Gambar 4.7.



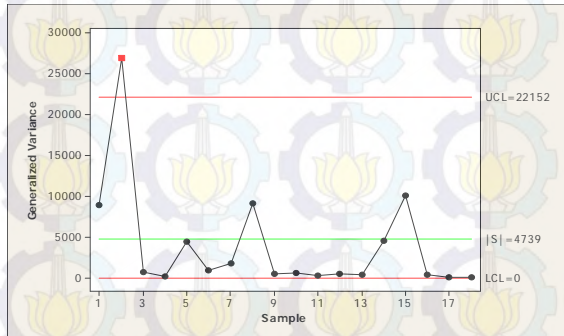
Gambar 4.7 Diagram Ishikawa

Gambar 4.7 menunjukkan faktor utama yaitu manusia, material, lingkungan, metode dan mesin. Setiap faktor memiliki penyebab-penyebab yang diduga menjadi penyebab tidak terkendalnya proses. Adapun penjelasan tentang faktor-faktor penyebabnya, sebagai berikut.

1. Faktor manusia diduga memiliki penyebab yaitu tidak telitinya dan kurangnya skill dalam pemberian bahan kimia.
2. Faktor material diduga memiliki penyebab yaitu komposisi bahan kimia kurang.
3. Faktor lingkungan memiliki penyebab yaitu tempat penjernihan air dekat dengan pabrik, sehingga limbah pabrik yang dibuang ke sungai mempengaruhi kualitas air, sedikitnya pohon untuk penyerapan karbondioksida dan ditambah dengan asap kendaraan bermotor yang mengeluarkan karbondioksida.
4. Faktor metode penyebabnya adalah kurangnya pemberian zat kimia.
5. Faktor mesin penyebabnya adalah adanya mesin yang sudah tua, sehingga mempengaruhi kinerja produksi air.

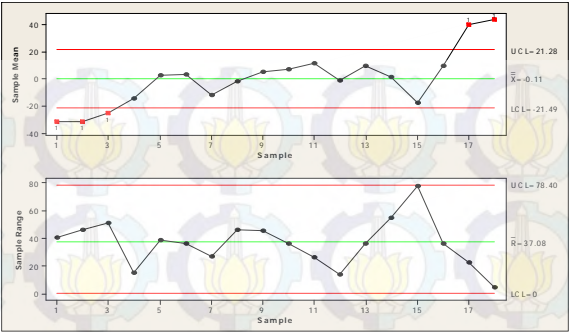
Setelah diketahui variabel mana yang menyebabkan tidak terkendali, jika sudah diperbaiki maka diharapkan kondisi proses terkendali dan kemudian dihitung kembali dengan

langkah yang sama seperti sebelumnya, setelah itu dibuat peta kendali yang baru pada Gambar 4.8.

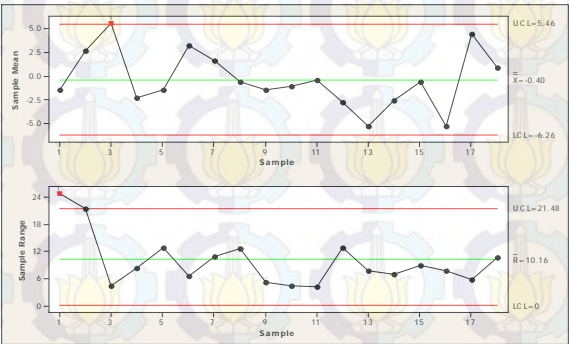


Gambar 4.8 Peta GV Januari – Juni 2012

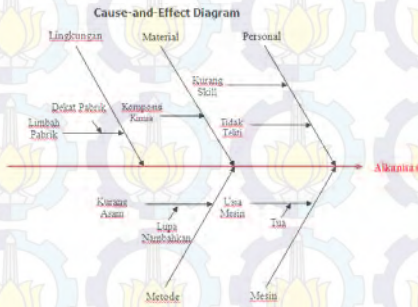
Gambar 4.8 bahwa peta kendali *Generalized Variance* (GV) tidak dalam keadaan terkendali secara statistik hal ini dikarenakan ada titik berada diluar batas kendali yaitu titik pengamatan Minggu ke-2 yaitu pada observasi Minggu ke-2. Titik tidak terkendali tersebut dicari variabel yang mana yang menyebabkan tidak terkendali dengan melihat secara univariat dengan peta kendali \bar{X} dan R dengan menggunakan Persamaan 2.21 dan 2.24 pada Gambar 4.9 dan 4.10. menunjukan bahwa data pengamatan yang keluar batas pada pengamatan ke-2 pada peta kendali *Generalized Variance* (GV) Januari – Juni 2012 terdapat pada variabel alkanitas, hal ini dikarenakan ada titik pengamatan ke-2 yang tidak terkendali pada peta \bar{X} dan R untuk variabel alkanitas. Maka dapat disimpulkan bahwa variabel alkanitas yang menyebabkan peta kendali *Generalized Variance* (GV) Januari – Juni 2012 tidak terkendali. Faktor-faktor penyebab tidak terkendalnya alkanitas dapat dilihat di Gambar 4.11.



Gambar 4.9 Peta Kendali \bar{X} dan R Variabel Alkanitas



Gambar 4.10 Peta Kendali \bar{X} dan R Variabel Karbondioksida

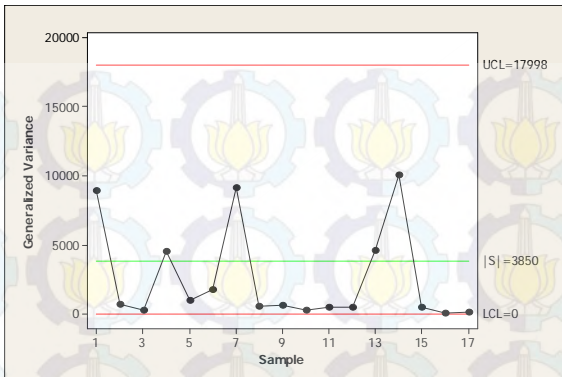


Gambar 4.11 Diagram Ishikawa

Gambar 4.11 menunjukan faktor utama yaitu manusia, material, lingkungan, metode dan mesin. Setiap faktor memiliki penyebab-penyebab yang diduga menjadi penyebab tidak terkendalnya proses. Adapun penjelasan tentang faktor-faktor penyebabnya, sebagai berikut.

1. Faktor manusia diduga memiliki penyebab yaitu tidak telitinya dan kurangnya skill dalam pemberian bahan kimia.
2. Faktor material diduga memiliki penyebab yaitu komposisi bahan kimia kurang.
3. Faktor lingkungan memiliki penyebab yaitu tempat penjernihan air dekat dengan pabrik, sehingga limbah pabrik yang dibuang ke sungai mempengaruhi kualitas air.
4. Faktor metode penyebabnya adalah kurangnya pemberian zat kimia asam, hal ini dikarenakan sifat alkanitas adalah basa tinggi.
5. Faktor mesin penyebabnya adalah adanya mesin yang sudah tua, sehingga mempengaruhi kinerja produksi air.

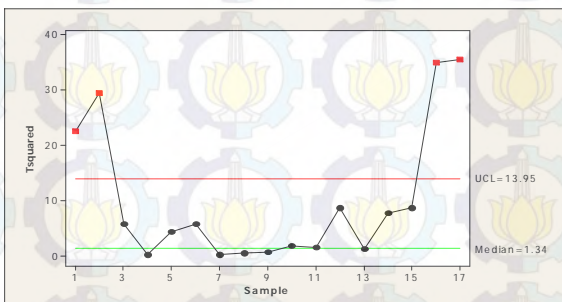
Setelah diketahui variabel mana yang menyebabkan tidak terkendali, jika sudah diperbaiki maka diharapkan kondisi proses terkendali dan kemudian dihitung kembali dengan langkah yang sama seperti sebelumnya, setelah itu dibuat peta kendali yang baru pada Gambar 4.12. menunjukan bahwa data pengamatan kualitas air minum diperoleh batas kendali atas sebesar 17998, garis tengah sebesar 3850 dan batas kendali bawah sebesar 0 maka dapat disimpulkan bahwa peta kendali *Generalized Variance* (GV) kualitas air minum dikatakan terkendali secara statistik karena titik pengamatan kualitas air minum berada didalam batas kendali.



Gambar 4.12 Peta GV Januari – Juni 2012

4.5.2 Evaluasi Rata-rata Proses Januari – Juni 2012

Setelah dilakukan pengendalian terhadap variabilitas dengan menggunakan peta *Generalized Variance* (GV) maka selanjutnya dilakukan pengendalian terhadap rata-rata alkanitas dan karbondioksida secara multivariat dengan menggunakan peta T^2 Hotelling. Dengan menggunakan Persamaan 2.14 pada air produksi Januari – Juni 2012, diperoleh peta kendali seperti yang ditampilkan pada Gambar 4.13



Gambar 4.13 Peta T^2 Hotelling Januari - Juni 2012

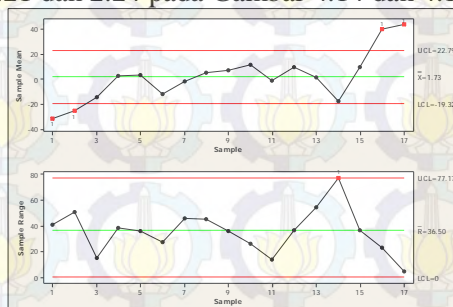
Gambar 4.13 menunjukan peta kendali tidak dalam keadaan terkendali secara statistik hal ini dikarenakan ada titik berada diluar batas kendali yaitu titik pengamatan minggu ke-1, 2,

16, 17 yaitu pada observasi minggu ke-1, 3, 18 dan 19. Titik tidak terkendali tersebut dicari variabel yang mana yang menyebabkan tidak terkendali dengan menggunakan persamaan 2.28 pada Tabel 4.3 (Lampiran L1).

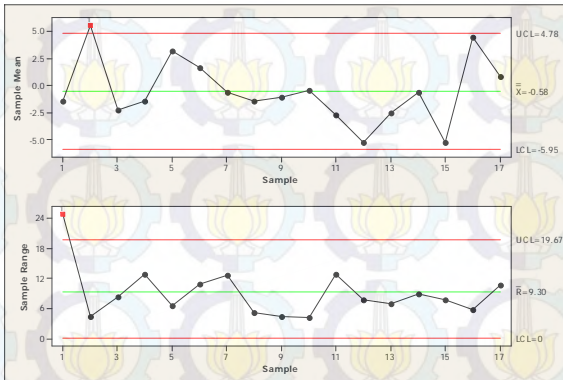
Tabel 4.3 Identifikasi Variabel Penyebab Tidak Terkendalinya

| Subgrup | Variabel |
|---------|-----------|
| 1. | X_1 |
| 2. | $X_1 X_2$ |
| 16. | $X_1 X_2$ |
| 17. | X_1 |

Tabel 4.3 dapat diketahui bahwa variabel-variabel penyebab tidak terkendalinya proses dari masing-masing subgrup yang berada diluar batas kendali yaitu pada titik pengamatan ke-1 yang menyebabkan tidak terkendali adalah variabel alkanitas, titik pengamatan ke-2 adalah alkanitas dan kabondioksida, titik pengamatan ke-16 adalah alkanitas dan kabondioksida dan titik pengamatan ke-17 adalah alkanitas. Variabel alkanitas (X_1) merupakan penyebab tidak terkendalinya peta kendali yang paling dominan. Selain mencari variabel yang mana yang menyebabkan tidak terkendali dengan *out of control*, bisa dicari juga dengan melihat dengan menggunakan peta \bar{X} dan R dengan menggunakan Persamaan 2.21 dan 2.24 pada Gambar 4.14 dan 4.15

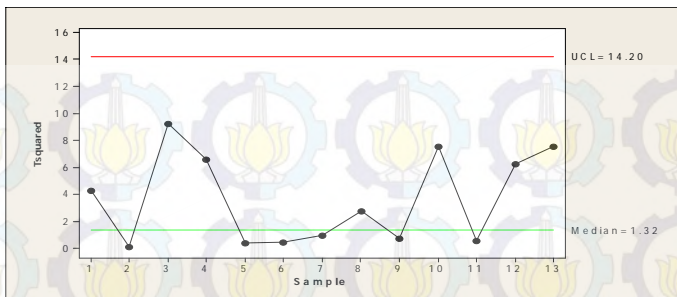


Gambar 4.14 Peta Kendali \bar{X} dan R Variabel Alkanitas



Gambar 4.15 Peta Kendali \bar{X} dan R Variabel Karbondioksida

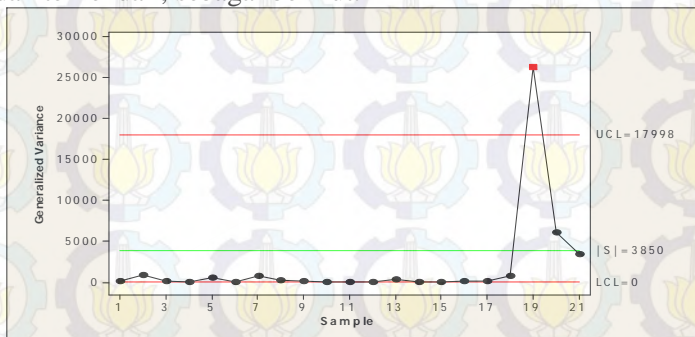
Gambar 4.14 dan 4.15 menunjukkan bahwa data pengamatan yang keluar batas pada pengamatan ke-1, 2, 16, 17 pada peta kendali T^2 Hotelling Januari – Juni 2012 terdapat penyebab paling dominan adalah variabel alkanitas, hal ini dikarenakan ada titik pengamatan ke-1, 2, 16, 17 yang tidak terkendali pada peta \bar{X} dan R untuk variabel alkanitas. Maka dapat disimpulkan bahwa variabel alkanitas yang menyebabkan peta kendali T^2 Hotelling Januari – Juni 2012 tidak terkendali. Berdasarkan informasi yang telah didapatkan, faktor-faktor penyebab tidak terkendalnya alkanitas dapat dilihat di Gambar 4.11. Setelah diketahui variabel mana yang menyebabkan tidak terkendali, jika sudah diperbaiki prosesnya maka diharapkan kondisi proses terkendali, setelah itu dibuat peta kendali yang baru pada Gambar 4.16 menunjukkan bahwa data pengamatan kualitas air minum diperoleh batas kendali atas sebesar 14,20, garis tengah sebesar 1,32 dan batas kendali bawah sebesar 0 maka dapat disimpulkan bahwa peta kendali T^2 Hotelling kualitas air minum dikatakan terkendali secara statistik karena titik pengamatan kualitas air minum berada didalam batas kendali.



Gambar 4.16 Peta T^2 Hotelling Januari – Juni 2012

4.5.3 Evaluasi Variabilitas Proses Juli – Desember 2012

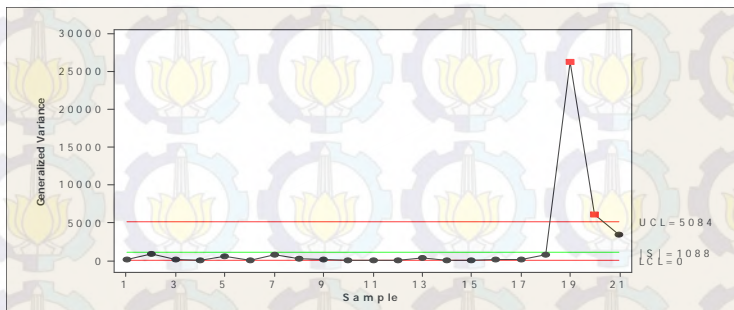
Peta kendali *Generalized Variance* (GV) dengan menggunakan Persamaan 2.20 pada Juli – Desember 2012, dengan menggunakan batas kendali Januari – Juni 2012 yang sudah terkendali, sebagai berikut.



Gambar 4.17 Peta GV Periode Juli - Desember 2012

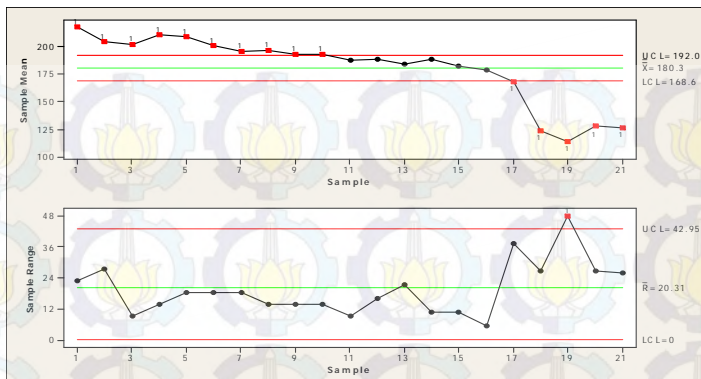
Gambar 4.17 bahwa data pengamatan kualitas air minum diperoleh batas kendali atas sebesar 17998, garis tengah sebesar 3850 dan batas kendali bawah sebesar 0 tidak dalam keadaan terkendali secara statistik hal ini dikarenakan ada titik berada diluar batas kendali yaitu titik pengamatan Minggu ke-19 yaitu pada observasi Minggu ke-38. Berdasarkan gambar 4.17 maka dapat disimpulkan bahwa batas kendali pada peta kendali *Generalized Variance* (GV) untuk Januari – Juni 2012 tidak dapat

digunakan untuk acuan pengendalian *Generalized Variance* (GV) pada periode selanjutnya atau Juli – Desember 2012, sehingga perlu dibentuk batas kendali yang baru untuk memonitoring pengendalian *Generalized Variance* (GV) Juli - Desember 2012 ada Gambar 4.18

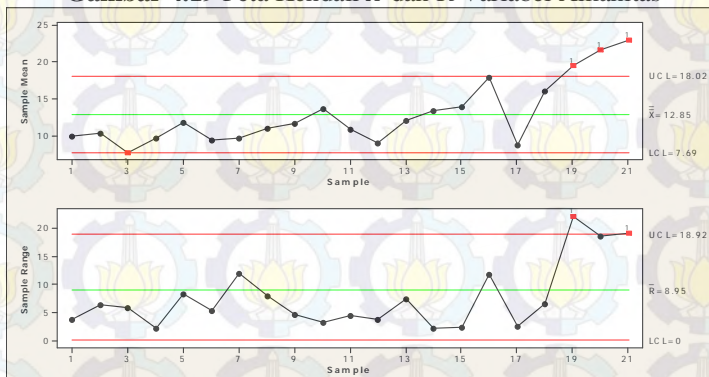


Gambar 4.18 Peta GV Juli – Desember 2012

Gambar 4.18 bahwa pengamatan kualitas air minum tidak dalam keadaan terkendali secara statistik hal ini dikarenakan ada titik berada diluar batas kendali yaitu titik pengamatan Minggu ke-19 dan 20 yaitu pada observasi Minggu ke-38 dan 39. Titik tidak terkendali tersebut dicari variabel yang mana yang menyebabkan tidak terkendali dengan melihat secara univariat dengan peta kendali \bar{X} dan R dengan menggunakan persamaan 2.21 dan 2.24 pada Gambar 4.19 dan 4.20.



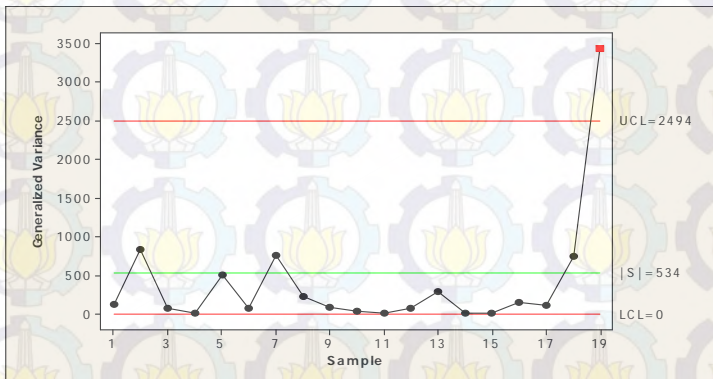
Gambar 4.19 Peta Kendali \bar{X} dan R Variabel Alkanitas



Gambar 4.20 Peta Kendali \bar{X} dan R Variabel Karbondioksida

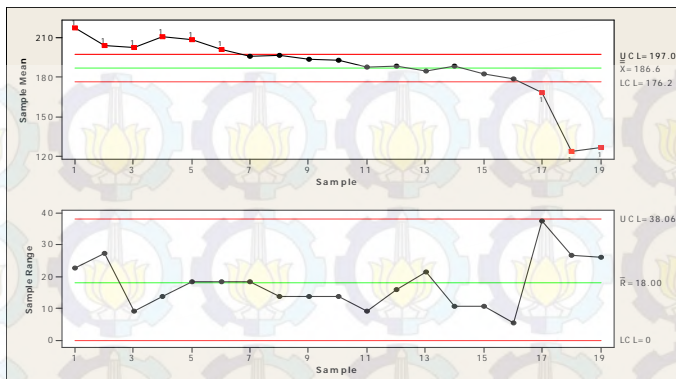
Gambar 4.19 dan 4.20 menunjukkan bahwa data pengamatan yang keluar batas pada pengamatan ke-19 dan 20 pada peta kendali *Generalized Variance* (GV) Januari – Juni 2012 terdapat pada variabel karbondioksida dan alkanitas, hal ini dikarenakan ada titik pengamatan ke-19 dan 20 yang tidak terkendali pada peta \bar{X} dan R untuk variabel karbondioksida dan alkanitas. Maka dapat disimpulkan bahwa variabel karbondioksida dan alkanitas yang menyebabkan peta kendali *Generalized Variance* (GV) Januari – Juni 2012 tidak terkendali. Berdasarkan informasi yang telah didapatkan, faktor-faktor

penyebab tidak terkendalnya karbondioksida dapat digambarkan dengan diagram *Ishikawa* seperti yang terdapat pada gambar 4.7 dan faktor-faktor penyebab tidak terkendalnya alkanitas pada Gambar 4.11. Setelah diketahui variabel mana yang menyebabkan tidak terkendali, jika sudah diperbaiki maka diharapkan kondisi proses terkendali dan kemudian dihitung kembali dengan langkah yang sama seperti sebelumnya, setelah itu dibuat peta kendali yang baru pada Gambar 4.21.

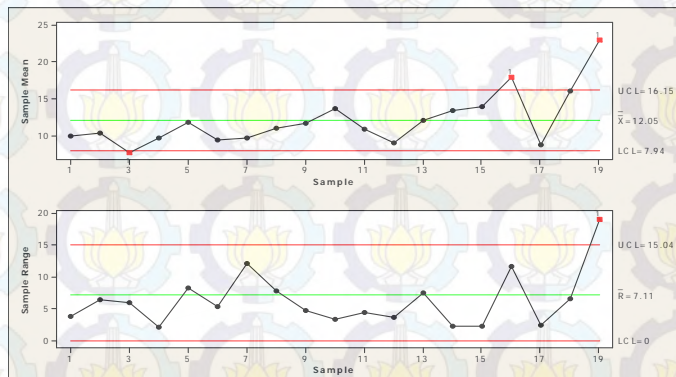


Gambar 4.21 Peta GV baru Juli - Desember 2012

Gambar 4.21 kualitas air minum tidak dalam keadaan terkendali secara statistik hal ini dikarenakan ada titik berada diluar batas kendali yaitu titik pengamatan minggu ke-19 yaitu pada observasi minggu ke-40. Titik tidak terkendali tersebut dicari variabel yang mana yang menyebabkan tidak terkendali dengan melihat secara univariat dengan peta kendali \bar{X} dan R dengan menggunakan Persamaan 2.21 dan 2.24 pada Gambar 4.22 dan 4.23.



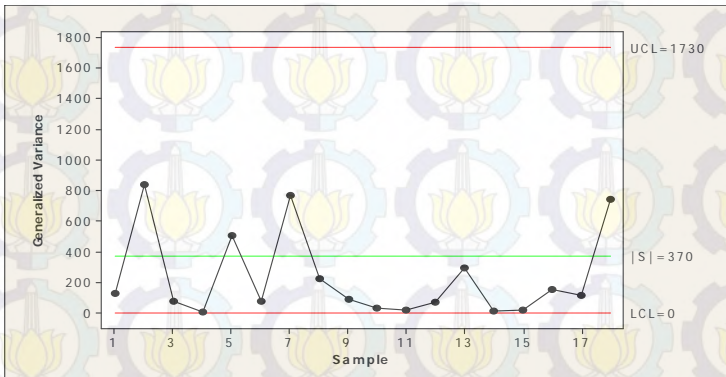
Gambar 4.22 Peta Kendali \bar{X} dan R Variabel Alkanitas



Gambar 4.23 Peta Kendali \bar{X} dan R Variabel Karbondioksida

Gambar 4.22 dan 4.23 data pengamatan yang keluar batas pada pengamatan ke-19 pada peta \bar{X} dan R Januari – Juni 2012 terdapat pada variabel karbondioksida dan alkanitas, hal ini dikarenakan ada titik pengamatan ke-19 yang tidak terkendali pada peta \bar{X} dan R untuk variabel karbondioksida dan alkanitas. Maka dapat disimpulkan bahwa variabel karbondioksida dan alkanitas yang menyebabkan Januari – Juni 2012 tidak terkendali. Faktor-faktor penyebab tidak terkendalnya karbondioksida dan alkanitas dapat dilihat pada gambar 4.7 dan Gambar 4.11. Setelah

diketahui variabel mana yang menyebabkan tidak terkendali, jika sudah diperbaiki maka diharapkan kondisi proses terkendali dan kemudian dihitung kembali dengan langkah yang sama seperti sebelumnya, setelah itu dibuat peta kendali yang baru pada Gambar 4.24.

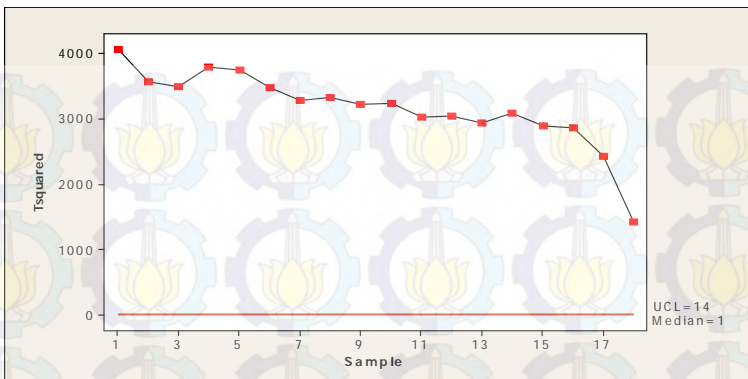


Gambar 4.24 Peta Januari – Juni 2012

Gambar 4.24 menunjukkan bahwa data pengamatan kualitas air minum diperoleh batas kendali atas sebesar 1730, garis tengah sebesar 370 dan batas kendali bawah sebesar 0 maka dapat disimpulkan bahwa peta kendali *Generalized Variance* (GV) kualitas air minum dikatakan terkendali secara statistik karena titik pengamatan kualitas air minum berada didalam batas kendali.

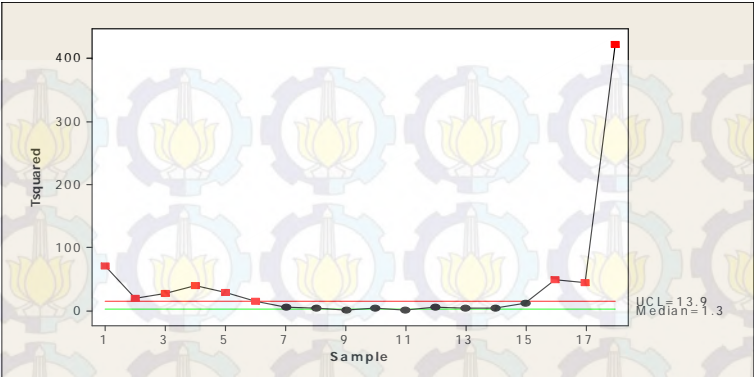
4.5.4 Evaluasi Rata-rata proses Periode Juli - Desember 2012

Setelah didapatkan peta kendali *Generalized Variance* (GV) yang telah terkendali maka selanjutnya dilakukan pengendalian terhadap *mean*. Peta kendali T^2 Hotelling untuk mengevaluasi air produksi berdasarkan variabel alkanitas dan karbondioksida dengan menggunakan batas kendali Januari – Juni 2012 yang sudah terkendali pada Gambar 4.25.



Gambar 4.25 Peta T^2 Hotelling alaknitas dan karbondiokasida Periode Juli - Desember 2012

Gambar 4.25 menunjukkan BKA proses pada periode Juli-Desember 201, sebesar 14 garis tengah sebesar 1 dan BKB sebesar 0 maka dapat disimpulkan bahwa kualitas air minum dikatakan tidak terkendali secara statistik karena titik pengamatan kualitas air minum berada diluar batas kendali. Berdasarkan Gambar 4.25 maka dapat disimpulkan bahwa batas kendali pada Januari – Juni 2012 tidak dapat digunakan untuk acuan pengendalian T^2 Hotelling pada periode selanjutnya, sehingga perlu dibentuk batas kendali yang baru untuk memonitoring pengendalian T^2 Hotelling pada Januari – Juni 2012 periode produksi bulan Juli 2012 – Desember 2012 pada Gambar 4.26 menunjukan bahwa data pengamatan kualitas air minum tidak dalam keadaan terkendali secara statistik hal ini dikarenakan ada titik berada diluar batas kendali yaitu titik pengamatan Minggu ke-1, 2, 3, 4, 5, 6, 16, 17 dan 18 yaitu pada observasi Minggu ke-20, 21, 22, 23, 24, 25, 35, 36 dan 37.



Gambar 4.26 Peta T^2 Hotelling alkanitas dan karbondioksida Periode Juli-Desember 2012

Titik tidak terkendali pada gambar 4.26 dicari variabel yang mana yang menyebabkan tidak terkendali dengan menggunakan persamaan 2.28 pada Tabel 4.4 (Lampiran L2).

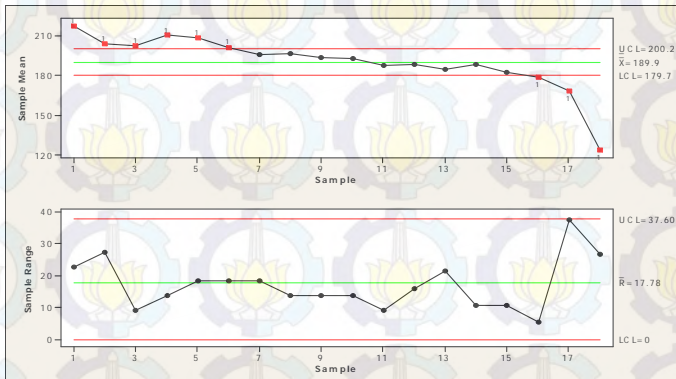
Tabel 4.4 Identifikasi Variabel Penyebab Tidak Terkendali Januari – Juni 2012

| Subgrup | Variabel | Subgrup | Variabel |
|---------|-----------|---------|-----------|
| 1. | $X_1 X_2$ | 6. | X_1 |
| 2. | X_1 | 16. | $X_1 X_2$ |
| 3. | $X_1 X_2$ | 17. | X_1 |
| 4. | $X_1 X_2$ | 18. | $X_1 X_2$ |
| 5. | X_1 | | |

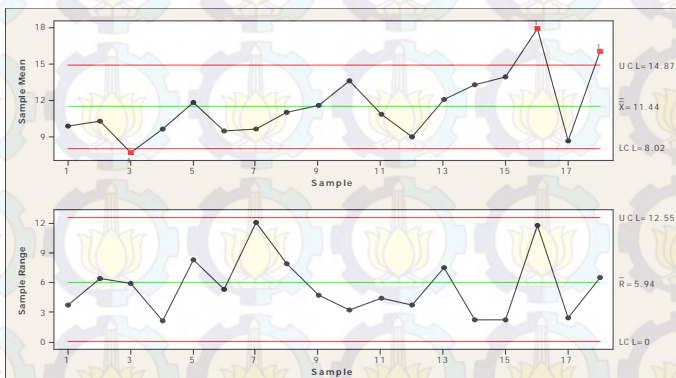
*X1= alkanitas, X2=karbondioksida

Tabel 4.4 menunjukkan variabel penyebab tidak terkendali proses dari masing-masing subgrup yang berada diluar batas kendali yaitu pada titik pengamatan ke-1 yang menyebabkan tidak terkendali adalah variabel alkanitas dan kabondioksida, titik pengamatan ke-2 adalah alkanitas, titik pengamatan ke-3 adalah alkanitas dan kabondioksida, titik pengamatan ke-4 adalah alkanitas dan kabondioksida, titik pengamatan ke-5 adalah alkanitas, titik pengamatan ke-6 adalah alkanitas, titik pengamatan ke-16 adalah alkanitas dan

kabondioksida, titik pengamatan ke-17 adalah alkanitas dan titik pengamatan ke-18 adalah alkanitas dan kabondioksida. Variabel alkanitas (X_1) merupakan penyebab tidak terkendalnya peta kendali yang paling dominan. Selain mencari variabel yang mana yang menyebabkan tidak terkendali dengan *out of control*, bisa dicari juga dengan melihat dengan menggunakan peta \bar{X} dan R dengan menggunakan persamaan 2.21 dan 2.24 pada Gambar 4.27 dan 4.28.

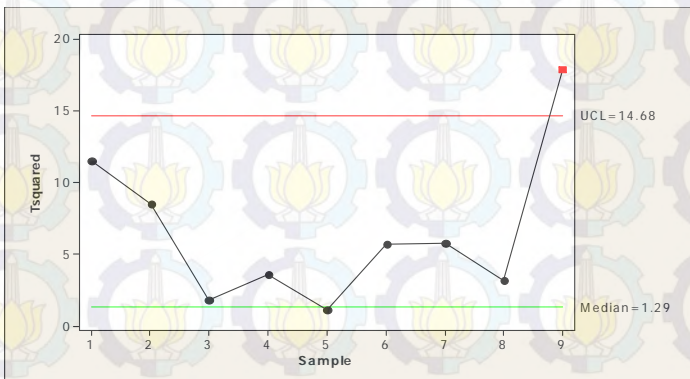


Gambar 4.27 Peta Kendali \bar{X} dan R Variabel Alkanitas



Gambar 4.28 Peta Kendali \bar{X} dan R Variabel Karbondioksida

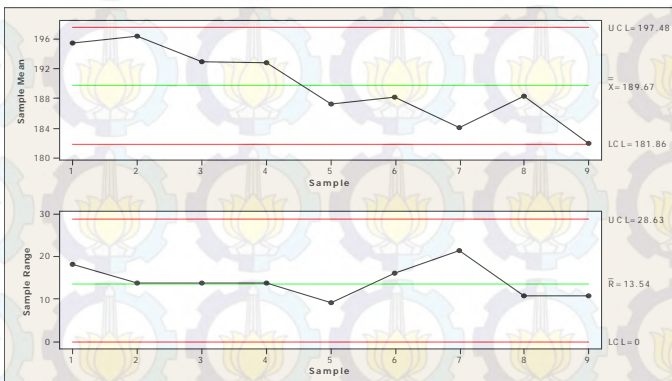
Gambar 4.27 dan 4.28 data pengamatan yang keluar batas pada pengamatan ke-1, 2, 3, 4, 5, 6, 16, 17 dan 18 pada peta kendali T^2 Hotelling Januari – Juni 2012 terdapat variabel yang dominan adalah variabel alkanitas, hal ini dikarenakan ada titik pengamatan ke-1, 2, 3, 4, 5, 6, 16, 17 dan 18 yang tidak terkendali pada peta \bar{X} dan R untuk variabel alkanitas. Maka dapat disimpulkan bahwa variabel alkanitas yang menyebabkan peta kendali T^2 Hotelling Januari – Juni 2012 tidak terkendali, faktor-faktor penyebab tidak terkendalinya alkanitas dapat dilihat di Gambar 4.11. Setelah diketahui variabel mana yang menyebabkan tidak terkendali, jika sudah diperbaiki maka diharapkan kondisi proses terkendali dan kemudian dihitung kembali dengan langkah yang sama seperti sebelumnya, setelah itu dibuat peta kendali yang baru pada Gambar 4.29 menunjukkan bahwa data pengamatan kualitas air minum tidak dalam keadaan terkendali secara statistik hal ini dikarenakan ada titik berada diluar batas kendali yaitu titik pengamatan minggu ke-9 yaitu pada Observasi Minggu ke-34.



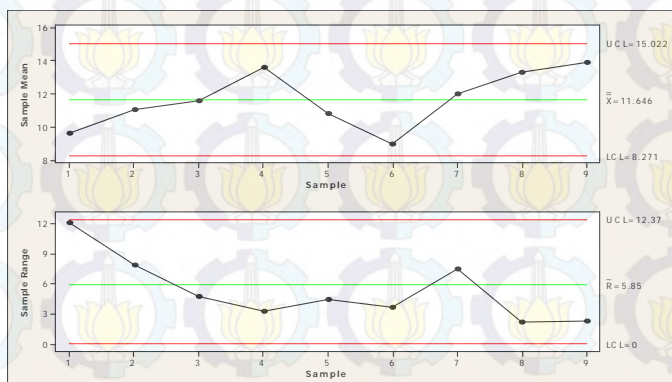
Gambar 4.29 Peta T^2 Hotelling Periode Juli - Desember 2012

Titik tidak terkendali tersebut dicari variabel yang mana yang menyebabkan tidak terkendali dengan menggunakan Persamaan 2.28 (Lampiran G3). Penyebab tidak terkendalinya

proses dari masing-masing subgrup yang berada diluar batas kendali yaitu pada titik pengamatan ke-9 yang menyebabkan tidak terkendali adalah variabel alkanitas dan kabondioksida. Variabel alkanitas (X_1) dan karbondioksida (X_2) merupakan penyebab tidak terkendalnya peta kendali. Selain mencari variabel yang mana yang menyebabkan tidak terkendali dengan *out of control*, bisa dicari juga dengan melihat dengan menggunakan peta \bar{X} dan R dengan menggunakan Persamaan 2.21 dan 2.24 pada Gambar 4.30 dan 4.31

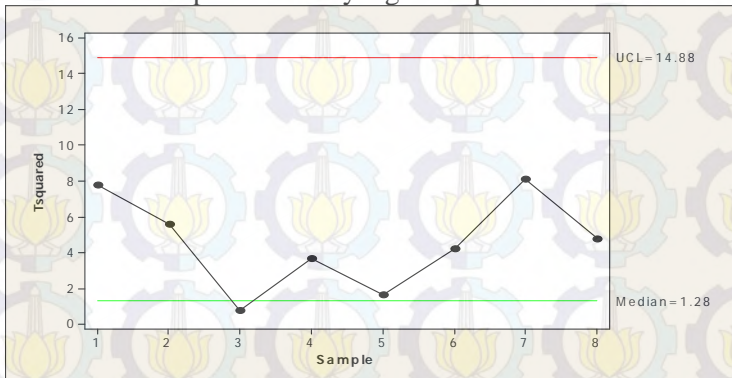


Gambar 4.30 Peta Kendali \bar{X} dan R Variabel Alkanitas



Gambar 4.31 Peta Kendali \bar{X} dan R Variabel Karbondioksida

Gambar 4.30 dan 4.31 data pengamatan yang keluar batas pada pengamatan ke-9 pada peta kendali T^2 Hotelling Januari – Juni 2012 terdapat variabel yang menyebabkan tidak terkendali tidak terdeteksi pada peta kendali \bar{X} dan R, hal ini dikarenakan tidak titik pengamatan yang keluar batas kendali. Setelah itu pengamatan yang pengamatan ke-9 pada peta kendali T^2 Hotelling Januari – Juni 2012 tersebut dihilangkan dan kemudian dihitung kembali dengan langkah yang sama seperti sebelumnya setelah itu dibuat peta kendali yang baru pada Gambar 4.32.



Gambar 4.32 Peta T^2 Hotelling Periode Juli - Desember 2012

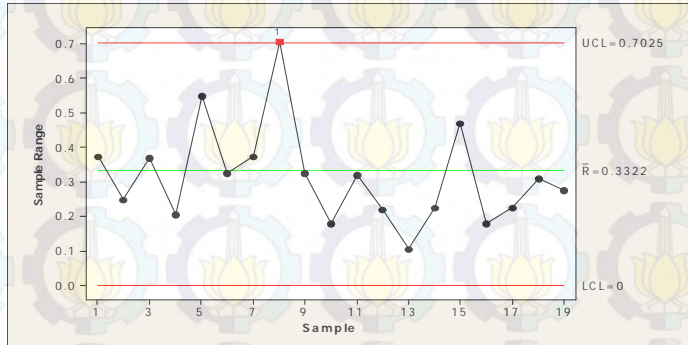
Gambar 4.32 diperoleh batas kendali atas sebesar 14,88, garis tengah sebesar 1,28 dan batas kendali bawah sebesar 0 maka dapat disimpulkan bahwa peta kendali T^2 Hotelling kualitas air minum dikatakan terkendali secara statistik karena titik pengamatan kualitas air minum berada didalam batas kendali.

4.6 Evaluasi Kualitas Berdasarkan Kekeruhan

Evaluasi proses berdasarkan variabilitas kekeruhan dengan menggunakan peta kendali \bar{X} dan R dengan menggunakan Persamaan 2.4 . Berikut analisis pada Januari – Juni 2012 dan Juli - Desember 2012.

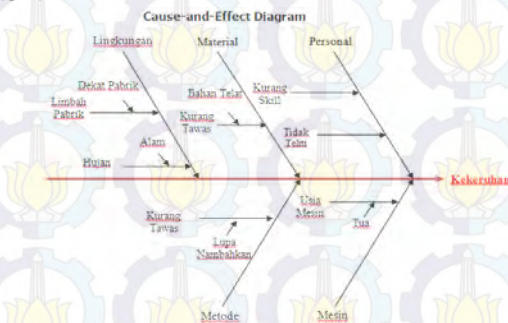
4.6.1 Evaluasi Kekeruhan Periode Januari – Juni 2012

Peta kendali range pada variabel kekeruhan pada periode Januari – Juni 2012, sebagai berikut.



Gambar 4.33 Peta R Periode Januari – Juni 2012

Gambar 4.33 menunjukkan bahwa data pengamatan kualitas air minum tidak dalam keadaan terkendali secara statistik hal ini terlihat dari ada titik berada diluar batas kendali yaitu titik pengamatan minggu ke-8 yaitu pada observasi minggu ke-8, faktor-faktor penyebab tidak terkendalinya kekeruhan dapat digambarkan dengan diagram *Ishikawa* seperti yang terdapat pada Gambar 4.34.

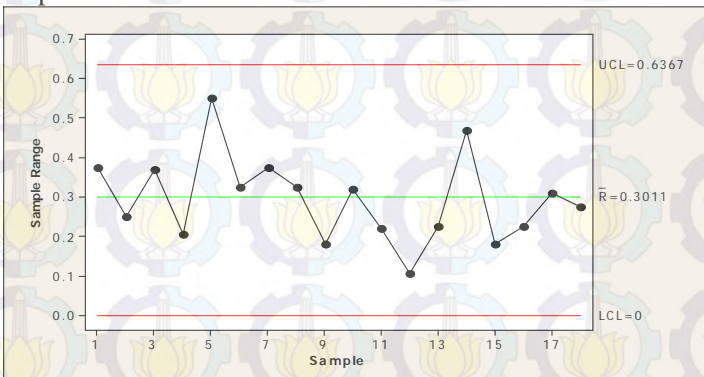


Gambar 4.34 Diagram Ishikawa

Gambar 4.34 bahwa faktor utama yaitu manusia, material, lingkungan, metode dan mesin. Setiap faktor memiliki penyebab-penyebab yang diduga menjadi penyebab tidak terkendalnya proses. Adapun penjelasan tentang faktor-faktor penyebabnya, sebagai berikut.

1. Faktor manusia diduga memiliki penyebab yaitu tidak telitinya dan kurangnya skill dalam pemberian bahan kimia.
2. Faktor material diduga memiliki penyebab yaitu komposisi bahan kimia kurang.
3. Faktor lingkungan memiliki penyebab yaitu tempat penjernihan air dekat dengan pabrik, sehingga limbah pabrik yang dibuang ke sungai mempengaruhi kualitas air dan faktor alam seperti hujan juga mempengaruhi kekeruhan air.
4. Faktor metode penyebabnya adalah kurangnya pemberian tawas ke dalam air.
5. Faktor mesin penyebabnya adalah adanya mesin yang sudah tua, sehingga mempengaruhi kinerja produksi air.

Setelah diketahui variabel mana yang menyebabkan tidak terkendali, jika sudah diperbaiki maka diharapkan kondisi proses terkendali dan kemudian dihitung kembali dengan langkah yang sama seperti sebelumnya, setelah itu dibuat peta kendali yang baru pada Gambar 4.35.

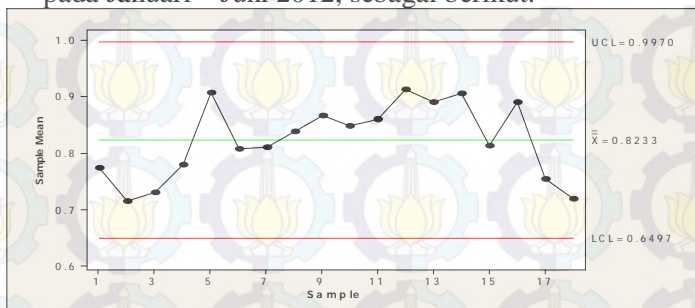


Gambar 4.35 Peta R Kekeruhan Periode Januari - Juni 2012

Gambar 4.35 menunjukkan bahwa data pengamatan kualitas air minum diperoleh batas kendali atas sebesar 0,6367, garis tengah sebesar 0,3011 dan batas kendali bawah sebesar 0 maka dapat disimpulkan bahwa kualitas air minum dikatakan terkendali secara statistik karena titik pengamatan kualitas air minum berada didalam batas kendali.

4.6.2 Evaluasi Kekeruhan Januari – Juni 2012

Evaluasi rata-rata dengan menggunakan Persamaan 2.1 pada Januari – Juni 2012, sebagai berikut.

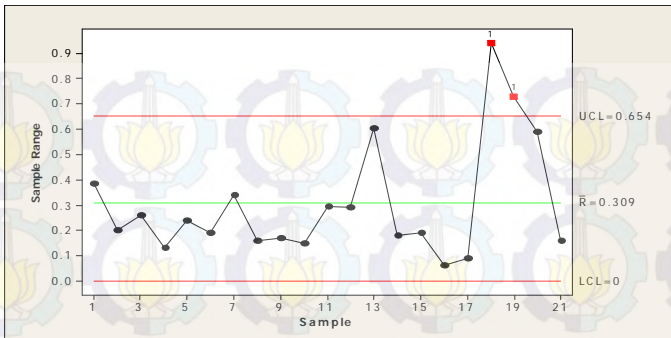


Gambar 4.36 Peta \bar{X} Kekeruhan Periode Januari - Juni 2012

Gambar 4.36 peta kendali \bar{X} untuk air produksi pada variabel kekeruhan, pada gambar 4.26. diketahui batas kendali atas sebesar 0,9970, garis tengah sebesar 0,8233 dan batas kendali bawah sebesar 0,6497 maka dapat disimpulkan bahwa kualitas air minum dikatakan terkendali secara statistik karena titik pengamatan kualitas air minum berada didalam batas kendali.

4.6.3 Evaluasi Kekeruhan Juli - Desember 2012

Peta kendali *range* dengan menggunakan persamaan 2.4 pada air produksi pada periode Juli 2012 – Desember 2012 dengan menggunakan batas kendali Januari – Juni 2012 yang sudah terkendali, sebagai berikut.



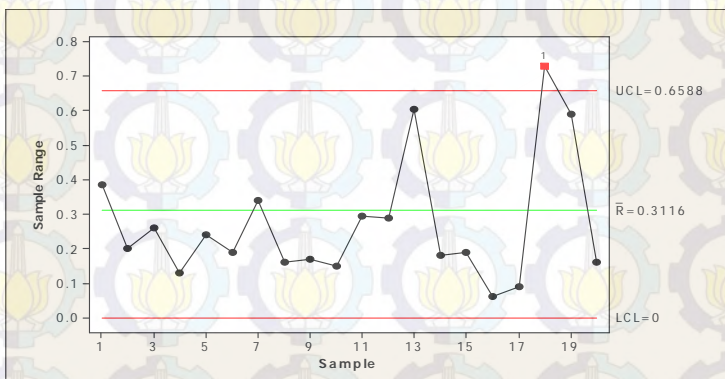
Gambar 4.37 Peta *Range* Kekeruhan Periode Juli 2012 – Desember 2012

Gambar 4.37 menunjukkan bahwa data pengamatan kualitas air minum diperoleh batas kendali atas sebesar 0,654, garis tengah sebesar 0,309 dan batas kendali bawah sebesar 0 maka dapat disimpulkan bahwa kualitas air minum dikatakan tidak terkendali secara statistik karena titik pengamatan kualitas air minum berada diluar batas kendali. Berdasarkan Gambar 4.37 maka dapat disimpulkan bahwa batas kendali pada Januari – Juni 2012 tidak dapat digunakan untuk acuan pengendalian *range* pada periode selanjutnya, sehingga perlu dibentuk batas kendali yang baru untuk memonitoring pengendalian *range* untuk variabel kekeruhan pada Januari – Juni 2012 periode produksi bulan Juli 2012 – Desember 2012 pada Gambar 4.38



Gambar 4.38 Peta \bar{R} Kekeruhan Periode Juli - Desember 2012

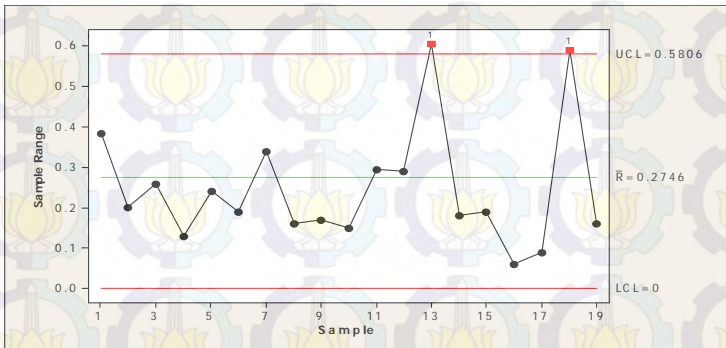
Gambar 4.38 tidak dalam keadaan terkendali secara statistik hal ini terlihat dari ada salah satu titik berada diluar batas kendali yaitu titik pengamatan Minggu ke-18 yaitu pada Observasi Minggu ke-37. Faktor-faktor penyebab tidak terkendalnya kekeruhan pada gambar 4.34. Setelah diketahui variabel mana yang menyebabkan tidak terkendali, jika sudah diperbaiki maka diharapkan kondisi proses terkendali dan kemudian dihitung kembali dengan langkah yang sama seperti sebelumnya, setelah itu dibuat peta kendali yang baru pada Gambar 4.39.



Gambar 4.39 Peta R Kekeruhan Periode Juli - Desember 2012

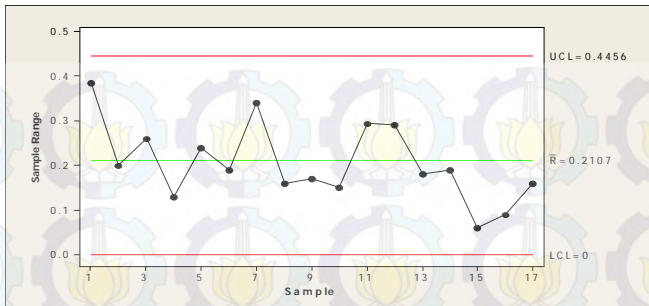
Gambar 4.39 menunjukkan bahwa data pengamatan kualitas air minum tidak dalam keadaan terkendali secara statistik hal ini terlihat dari ada titik berada diluar batas kendali yaitu titik pengamatan Minggu ke-18 yaitu pada observasi Minggu ke-38. Faktor-faktor penyebab tidak terkendalnya kekeruhan pada gambar 4.28. Setelah diketahui variabel mana yang menyebabkan tidak terkendali, jika sudah diperbaiki maka diharapkan kondisi proses terkendali dan kemudian dihitung kembali dengan langkah yang sama seperti sebelumnya, setelah itu dibuat peta kendali yang baru pada gambar 4.40 menunjukkan bahwa data

pengamatan kualitas air minum tidak dalam keadaan terkendali secara statistik hal ini terlihat dari ada titik berada diluar batas kendali yaitu titik pengamatan Minggu ke-13 dan 18 yaitu pada observasi Minggu ke-32 dan 39. Faktor-faktor penyebab tidak terkendalinya kekeruhan pada Gambar 4.34.



Gambar 4.40 Peta R Kekeruhan Periode Juli - Desember 2012

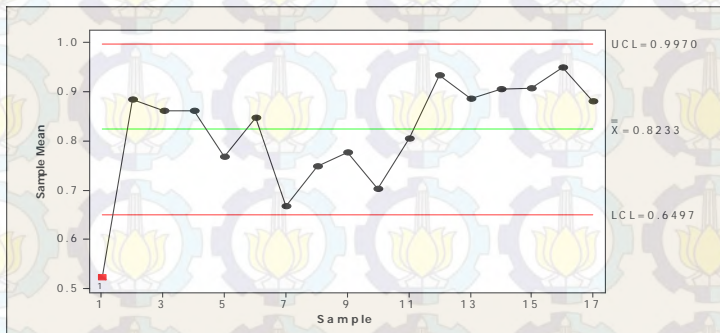
Titik tidak terkendali tersebut dihilangkan dan kemudian dihitung kembali dengan langkah yang sama seperti sebelumnya kemudian dibuat peta kendali yang baru pada gambar 4.41. menunjukkan bahwa pengamatan kualitas air minum diperoleh batas kendali atas sebesar 0,4456, garis tengah sebesar 0,2107 dan batas kendali bawah sebesar 0 maka dapat disimpulkan bahwa kualitas air minum dikatakan terkendali secara statistik karena titik pengamatan kualitas air minum berada didalam batas kendali.



Gambar 4.41 Peta Kekeruhan Periode Juli - Desember 2012

4.6.4 Evaluasi Kekeruhan Juli - Desember 2012

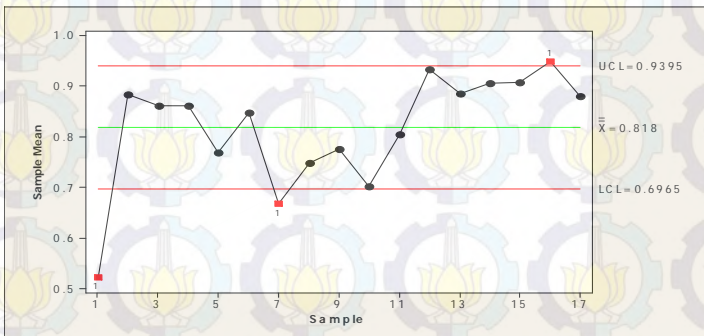
Peta kendali \bar{X} dengan menggunakan persamaan 2.1 air produksi pada Januari – Juni 2012 dan Juli - Desember 2012 dengan menggunakan batas kendali Januari – Juni 2012 yang sudah terkendali. sebagai berikut.



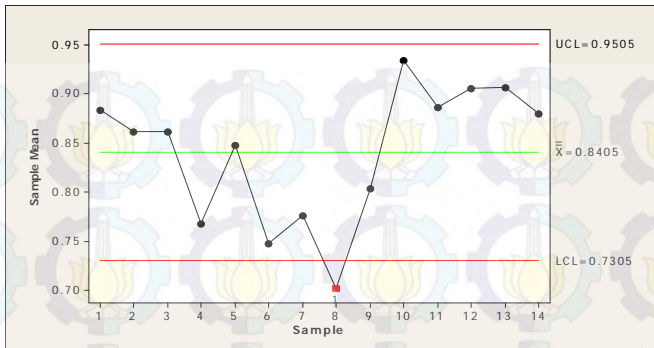
Gambar 4.42 Peta \bar{X} Variabel Kekeruhan Periode Juli - Desember 2012

Gambar 4.42 menunjukkan bahwa data pengamatan kualitas air minum diperoleh batas kendali atas sebesar 0,997, garis tengah sebesar 0,823 dan batas kendali bawah sebesar 0,6497 maka dapat disimpulkan bahwa kualitas air minum dikatakan terkendali secara statistik karena titik pengamatan kualitas air minum berada diluar batas kendali. Berdasarkan Gambar 4.42 maka dapat disimpulkan bahwa batas kendali pada

Januari – Juni 2012 tidak dapat digunakan untuk acuan pengendalian rata-rata pada periode selanjutnya, sehingga perlu dibentuk batas kendali yang baru untuk memonitoring pengendalian rata-rata untuk variabel kekeruhan pada Januari – Juni 2012 periode produksi bulan Juli - Desember 2012 pada Gambar 4.43 menunjukan bahwa data pengamatan kualitas air minum tidak dalam keadaan terkendali secara statistik hal ini terlihat dari ada salah satu titik berada diluar batas kendali yaitu titik pengamatan Minggu ke-1, 7, 16 yaitu pada observasi Minggu ke-20, 26, dan 36. Faktor-faktor penyebab tidak terkendalinya kekeruhan pada gambar 4.28. Setelah diketahui variabel mana yang menyebabkan tidak terkendali, jika sudah diperbaiki maka diharapkan kondisi proses terkendali dan kemudian dihitung kembali dengan langkah yang sama seperti sebelumnya, setelah itu dibuat peta kendali yang baru pada Gambar 4.44.

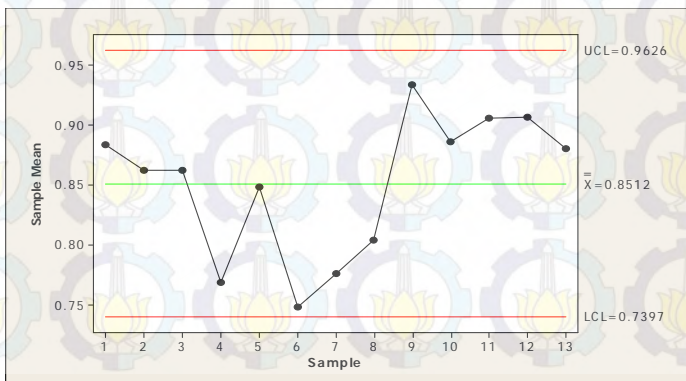


Gambar 4.43 Peta \bar{X} Periode Juli - Desember 2012



Gambar 4.44 Peta Peta \bar{X} Periode Juli - Desember 2012

Gambar 4.44 menunjukkan bahwa data pengamatan kualitas air minum tidak dalam keadaan terkendali secara statistik hal ini terlihat dari ada salah satu titik berada diluar batas kendali yaitu titik pengamatan Minggu ke-8 yaitu pada observasi Minggu ke-27. Faktor-faktor penyebab tidak terkendalinya kekeruhan pada Gambar 4.34. Setelah diketahui variabel mana yang menyebabkan tidak terkendali, jika sudah diperbaiki maka diharapkan kondisi proses terkendali dan kemudian dihitung kembali dengan langkah yang sama seperti sebelumnya, setelah itu dibuat peta kendali yang baru pada Gambar 4.45



Gambar 4.45 Peta \bar{X} Periode Juli - Desember 2012

Gambar 4.45 menunjukkan bahwa data pengamatan kualitas air minum diperoleh batas kendali atas sebesar 0,9626, garis tengah sebesar 0,8512 dan batas kendali bawah sebesar 0,7397 maka dapat disimpulkan bahwa kualitas air minum dikatakan terkendali secara statistik karena titik pengamatan kualitas air minum berada didalam batas kendali.

4.7 Indeks Kapabilitas

Indeks kemampuan proses merupakan skala yang menggambarkan seberapa baik produk dalam memenuhi spesifikasi yang telah ditetapkan perusahaan. Perhitungan indeks kemampuan proses diperlukan kondisi proses yang terkendali. Analisis kapabilitas proses diketahui bahwa kapabilitas proses dikatakan baik jika memenuhi 3 kriteria, yaitu proses sudah terkendali secara statistik, nilai presisi tinggi atau ukuran pendekatan antara suatu pengamatan dengan pengamatan yang lain dengan nilai acuan $C_p > 1$, nilai akurasi tinggi atau kedekatan pengamatan dengan nilai target dalam spesifikasi dengan acuan $C_{pk} > 1$. Jika salah satu kriteria ini tidak terpenuhi, maka proses dikatakan tidak kapabel.

4.7.1 Indeks Kapabilitas Alkanitas dan karbondioksida

Setelah didapatkan peta kendali multivariat T^2 Hotelling dalam keadaan terkendali maka dihitung indeks kemampuan proses. Analisis kapabilitas proses untuk variabel alkanitas dan karbondioksida dengan menghitung nilai C_p *multivariate* dengan menggunakan persamaan 2.29, sebagai berikut.

Tabel 4.5 Indeks Kapabilitas Januari – Juni 2012 dan Juli - Desember 2012

| Periode | m | p | $X^2_{(p;0,9973)}$ | C_p |
|----------------------|----|---|--------------------|-------|
| Januari – Juni 2012 | 13 | 2 | 11,8290 | 2,26 |
| Juli - Desember 2012 | 8 | 2 | 11,8290 | 2,94 |

Berdasarkan Tabel 4.5 menunjukkan jika proses sudah diperbaiki, kemampuan proses (C_p) untuk air produksi Januari –

Juni 2012 bernilai 2,26 dan Januari – Juni 2012 bernilai 2,94 maka dapat disimpulkan bahwa kualitas air minum pada air produksi pada Januari – Juni 2012 dan Juli - Desember 2012 telah kapabel karena kemampuan proses (C_p) > 1 yaitu $2,26 > 1$ dan $2,94 > 1$. Hal ini berarti kualitas air pada alkanitas dan karbondioksida telah berjalan dengan sangat baik atau dengan kata lain memiliki variabilitas yang kecil.

4.7.2 Indeks Kapabilitas Univariat

Setelah didapatkan peta kendali \bar{X} dan R dalam keadaan terkendali maka dihitung indeks kemampuan proses. Kapabilitas proses univariate pada variabel kekeruhan dengan menggunakan Persamaan 2.34, sebagai berikut.

Tabel 4.6 Indeks Kapabilitas Januari – Juni 2012 dan Juli - Desember 2012

| Periode | Variabel | C_{pu} |
|----------------------|-----------|----------|
| Januari – Juni 2012 | Kekeruhan | 10,76 |
| Juli - Desember 2012 | Kekeruhan | 16,65 |

Jika proses diperbaiki, berdasarkan Tabel 4.9 dapat disimpulkan bahwa nilai (C_p) pada semua variabel kualitas air minum pada Januari – Juni 2012 dan Juli - Desember 2012 (Lampiran I dan J) sangat baik secara presisi dengan kata lain memiliki variabilitas yang kecil karena memiliki nilai (C_{pu}) > 1 yaitu pada Januari – Juni 2012 sebesar $10,76 > 1$ sedangkan pada Januari – Juni 2012 sebesar $16,65 > 1$. Sehingga secara keseluruhan, proses dapat dikatakan kapabel karena kriteria kapabel terpenuhi yaitu nilai (C_p) lebih besar dari 1.



Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan analisis dan pembahasan maka dapat diambil kesimpulan, sebagai berikut.

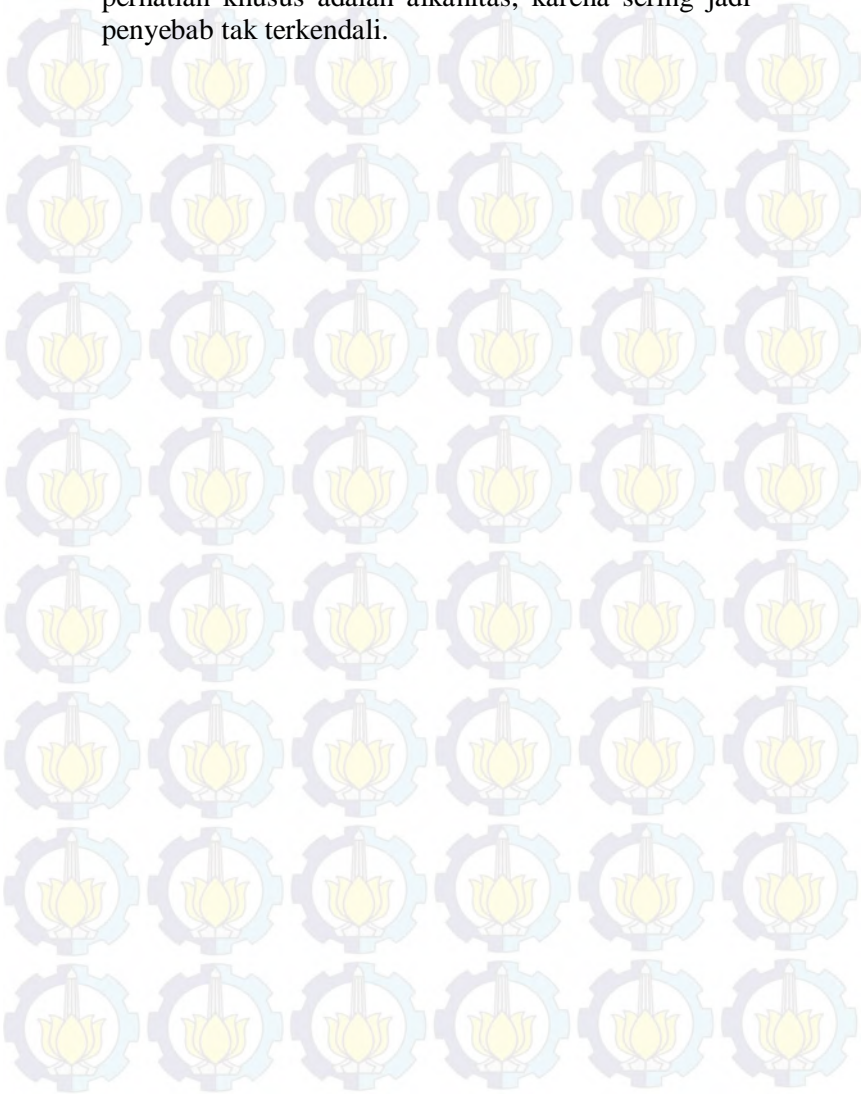
1. Walaupun masih dalam batas spesifikasi tetapi berdasarkan alkanitas dan karbondioksida ada perbedaan kualitas yang signifikan antara periode Januari-Juni 2012 dan Juli–Desember 2012. Rata-rata variabel Alkanitas sebesar 0,8239 dan 0,8907, karbondioksida 158,48 dan 180,33.
2. Jika dilakukan perbaikan terhadap proses produksi air minum maka indeks kapabilitas akan meningkat pada variabel alkanitas dan karbondioksida indeks kapabilitas dapat mencapai 2,26 pada periode Januari-Juni 2012 dan periode Juli-Desember 2012 mencapai 2,94. Selain itu variabel kekeruhan akan terkendali dan proses akan kapabel karena (C_{pu}) dapat melebihi 1 yaitu nilai (C_{pu}) pada tahap Januari-Juni 2012 sebesar 10,76 sedangkan pada tahap Juli–Desember 2012 sebesar 16,65

5.2 Saran

Adapun saran yang dapat diberikan pada hasil penelitian ini, sebagai berikut.

1. Perusahaan Air Minum PDAM Surya Sembada Kota Surabaya dalam menentukan mutu standard perlu analisis kapabilitas dan uji pergeseran proses secara periodik supaya kualitas tetap terjaga dan variabel alkanitas

2. Variable kualitas air minum yang perlu mendapat perhatian khusus adalah alkanitas, karena sering jadi penyebab tak terkendali.



DAFTAR PUSTAKA

- Bothe, D. R., 1997. *Measuring Process Capability*. McGraw-Hill. New York.
- Daniel, W. W. 1989. *Statistika NonParametrik*. Jakarta : PT. Gramedia
- Dewi, Maharani. A. 2006. *Analisis Statistik Tentang Pengendalian Kualitas Air Produksi Minum di Perusahaan Daerah Air Minum Kabupaten Madiun*. Madiun : Statistika FMIPA ITS
- Johnson, R. A and Wichren, D. W. (2002). *Applied Multivariate Statistika Analysis*. America: Prentice Hall. Inc
- Karson, M. J. 1982. *Multivariate Statistical Methods First Edition*. Ames-Iowa : The Iowa State University Press
- Kotz, S (1993). *Process Capability Indices*. University of North Carolina. London: Chapman & Hall.
- Montgomery, D. C. 2005. *Introduction to Statistikal Quality Control Fifth Edition*. New York: John Wiley & Sons, inc.
- Morrison, D. F. (1990). *Multivariate Statistical Methods* (3rd ed.). USA: McGraw-Hill, Inc.
- Pranoto, Subekti S. T (2013). *Visi Misi PDAM Surya Sembada Kota Surabaya*. Diakses dari <http://www.pdam-sby.go.id/page.php?get=visi-misi&bhs=1> diakses pada 5 Februari 2014
- Roland, Walpole E. (1993). *Pengantar Statistika edisi ke-3*. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama.
- Triyriyani, Ita. 2010. *Analisis Statistik Tentang Pengendalian Kualitas Air Produksi di Instalasi Penjernihan Air Minum Ngagel I Surabaya*. Surabaya : Statistika FMIPA ITS



Lampiran A : *Data*

Lampiran A1 : Air Produksi Bulan Januari –Desember 2012 Periode I

| Sub Grup (i) | Tanggal (Sampel Tiap Subgrup) (j) | No | Karakteristik Kualitas | | | Bulan |
|--------------|-----------------------------------|----|------------------------|-----------|----------------|--------------------------------------|
| | | | Kekeruhan | Alkanitas | Karbondioksida | |
| 1 | 2 | 1 | 0.97 | 142.276 | 19.034 | J A N U A R I |
| | 3 | 2 | 0.755 | 101.625 | 9.074 | |
| | 4 | 3 | 0.845 | 127.033 | 20.74 | |
| | 5 | 4 | 0.705 | 137.195 | 33.875 | |
| | 6 | 5 | 0.595 | 127.033 | 20.74 | |
| 2 | 9 | 6 | 0.66 | 111.789 | 24.569 | |
| | 10 | 7 | 0.8 | 106.707 | 21.341 | |
| | 11 | 8 | 0.87 | 121.951 | 31.11 | |
| | 12 | 9 | 0.625 | 142.276 | 12.818 | |
| | 13 | 10 | 0.62 | 152.439 | 34.256 | |
| 3 | 16 | 11 | 0.665 | 101.626 | 29.89 | |
| | 17 | 12 | 0.815 | 152.439 | 28.361 | |
| | 18 | 13 | 0.555 | 137.195 | 25.525 | |
| | 19 | 14 | 0.69 | 142.276 | 26.47 | |
| | 20 | 15 | 0.925 | 132.114 | 28.412 | |
| 4 | 30 | 16 | 0.69 | 142.276 | 16.837 | F E B R U A R I |
| | 31 | 17 | 0.68 | 142.276 | 17.457 | |
| | 1 | 18 | 0.775 | 147.358 | 25.227 | |
| 5 | 2 | 19 | 0.885 | 152.439 | 21.47 | |
| | 3 | 20 | 0.87 | 137.195 | 18.354 | |
| | 6 | 21 | 0.765 | 152.439 | 20.393 | |
| | 7 | 22 | 0.7 | 142.276 | 20.253 | |
| | 8 | 23 | 0.7 | 162.749 | 25.63 | |
| 6 | 9 | 24 | 1.12 | 167.27 | 24.33 | |
| | 10 | 25 | 1.25 | 180.832 | 12.917 | |
| | 13 | 26 | 0.575 | 180.832 | 24.192 | |
| | 14 | 27 | 0.8 | 158.228 | 24.627 | |
| | 15 | 28 | 0.875 | 144.666 | 22.516 | |
| 7 | 16 | 29 | 0.9 | 162.749 | 29.062 | |
| | 17 | 30 | 0.885 | 162.749 | 26.25 | |
| | 20 | 31 | 0.915 | 140.145 | 24.059 | |
| | 21 | 32 | 0.645 | 162.749 | 23.167 | |
| | 22 | 33 | 0.82 | 135.624 | 30.824 | |
| | 23 | 34 | 1.02 | 140.145 | 20.839 | |
| | 24 | 35 | 0.655 | 153.707 | 19.962 | |

Lanjutan Lampiran A1 : Air Produksi Bulan Januari –Desember 2012 Periode I

| Sub Grup (i) | Tanggal (Sampel Tiap Subgrup) (j) | No | Karakteristik Kualitas | | | Bulan |
|-----------------|--------------------------------------|----|------------------------|-----------|----------------|--------------------------------------|
| | | | Kekeruhan | Alkanitas | Karbondioksida | |
| 8 | 27 | 36 | 0.665 | 140.145 | 24.695 | M A R E T |
| | 28 | 37 | 1.275 | 185.353 | 16.259 | |
| | 29 | 38 | 0.675 | 171.79 | 28.752 | |
| | 1 | 39 | 0.57 | 177.846 | 34.533 | |
| | 2 | 40 | 0.99 | 127.033 | 42.916 | |
| 9 | 5 | 41 | 0.95 | 182.927 | 22.445 | |
| | 6 | 42 | 0.795 | 172.764 | 19.412 | |
| | 7 | 43 | 0.84 | 147.358 | 16.841 | |
| | 8 | 44 | 0.64 | 137.195 | 29.504 | |
| | 9 | 45 | 0.965 | 142.276 | 19.423 | |
| 10 | 12 | 46 | 0.745 | 158.228 | 18.24 | A P R I L |
| | 13 | 47 | 0.905 | 167.27 | 20.153 | |
| | 14 | 48 | 0.875 | 176.311 | 23.123 | |
| | 15 | 49 | 0.925 | 180.832 | 23.333 | |
| | 16 | 50 | 0.885 | 135.624 | 18.515 | |
| 11 | 26 | 51 | 0.85 | 144.666 | 23.054 | |
| | 27 | 52 | 0.655 | 180.832 | 22.325 | |
| | 28 | 53 | 0.865 | 171.79 | 19.976 | |
| | 29 | 54 | 0.895 | 158.228 | 18.725 | |
| | 30 | 55 | 0.975 | 171.79 | 21.474 | |
| 12 | 9 | 56 | 0.89 | 180.832 | 19.981 | M A Y |
| | 10 | 57 | 0.82 | 167.27 | 20.909 | |
| | 11 | 58 | 0.76 | 168.165 | 21.84 | |
| | 12 | 59 | 0.85 | 154.53 | 21.765 | |
| | 13 | 60 | 0.98 | 177.755 | 24.199 | |
| 13 | 16 | 61 | 0.86 | 159.075 | 13.256 | |
| | 17 | 62 | 0.91 | 159.075 | 18.825 | |
| | 18 | 63 | 0.935 | 154.53 | 19.875 | |
| | 19 | 64 | 0.965 | 149.985 | 19.106 | |
| | 20 | 65 | 0.89 | 163.62 | 26.075 | |
| 14 | 23 | 66 | 0.965 | 168.165 | 17.986 | J U N I J U N I |
| | 24 | 67 | 0.74 | 168.165 | 17.426 | |
| | 25 | 68 | 0.96 | 181.8 | 15.809 | |
| | 26 | 69 | 0.9 | 177.255 | 12.845 | |
| | 27 | 70 | 0.885 | 145.44 | 20.485 | |

Lanjutan Lampiran A1 : Air Produksi Bulan Januari –Desember 2012 Periode I

| Sub Grup (i) | Tanggal (Sampel Tiap Subgrup) (j) | No | Karakteristik Kualitas | | | Bulan |
|-----------------|--------------------------------------|----|------------------------|-----------|-----------------|------------------|
| | | | Kekeruhan | Alkanitas | Karbon-dioksida | |
| 15 | 30 | 71 | 0.87 | 186.345 | 17.415 | APRIL |
| | 1 | 72 | 0.865 | 181.8 | 24.321 | |
| | 2 | 73 | 0.73 | 145.44 | 18.352 | |
| | 3 | 74 | 0.86 | 131.805 | 20.514 | |
| | 4 | 75 | 1.2 | 154.53 | 17.363 | |
| 16 | 7 | 76 | 0.9 | 145.44 | 20.703 | |
| | 8 | 77 | 0.875 | 168.165 | 20.261 | |
| | 9 | 78 | 0.8 | 90.9 | 19.548 | |
| | 10 | 79 | 0.77 | 140.895 | 19.235 | |
| | 11 | 80 | 0.72 | 159.075 | 28.031 | |
| 17 | 21 | 81 | 0.965 | 168.165 | 17.986 | |
| | 22 | 82 | 0.74 | 168.165 | 17.426 | |
| | 23 | 83 | 0.96 | 181.8 | 15.809 | |
| | 24 | 84 | 0.9 | 177.255 | 12.845 | |
| | 25 | 85 | 0.885 | 145.44 | 20.485 | |
| 18 | 4 | 86 | 0.58 | 195.435 | 25.381 | J U N I |
| | 5 | 87 | 0.82 | 190.895 | 24.317 | |
| | 6 | 88 | 0.72 | 199.98 | 28.77 | |
| | 7 | 89 | 0.76 | 213.615 | 30.087 | |
| | 8 | 90 | 0.89 | 190.89 | 24.317 | |
| 19 | 18 | 91 | 0.88 | 199.98 | 16.947 | |
| | 19 | 92 | 0.7 | 199.98 | 17.855 | |
| | 20 | 93 | 0.79 | 204.525 | 26.563 | |
| | 21 | 94 | 0.605 | 204.525 | 26.054 | |
| | 22 | 95 | 0.62 | 199.98 | 27.583 | |

Lampiran A2 : Air Produksi Bulan Januari –Desember 2012 Periode II

| Sub grup (i) | Tanggal (Sampel Tiap Subgrup) (j) | No | Karakteristik Kualitas | | | Bulan |
|--------------|-----------------------------------|-----|------------------------|-----------|-----------------|---------------------------------|
| | | | Kekeruhan | Alkanitas | Karbon-dioksida | |
| 20 | 2 | 96 | 0.665 | 204.525 | 9.739 | J U L I |
| | 3 | 97 | 0.28 | 227.25 | 11.363 | |
| | 4 | 98 | 0.57 | 213.615 | 7.629 | |
| | 5 | 99 | 0.575 | 213.615 | 9.936 | |
| | 6 | 100 | 0.525 | 227.25 | 10.694 | |
| 21 | 9 | 101 | 0.98 | 195.435 | 8.883 | |
| | 10 | 102 | 0.83 | 195.435 | 8.424 | |
| | 11 | 103 | 0.78 | 222.705 | 9.725 | |
| | 12 | 104 | 0.85 | 199.98 | 9.301 | |
| | 13 | 105 | 0.98 | 204.525 | 14.821 | |
| 22 | 16 | 106 | 0.99 | 204.525 | 9.513 | |
| | 17 | 107 | 0.85 | 204.525 | 7.806 | |
| | 18 | 108 | 0.89 | 195.435 | 10.286 | |
| | 19 | 109 | 0.73 | 199.98 | 6.144 | |
| | 20 | 110 | 0.85 | 204.525 | 4.398 | |
| 23 | 23 | 111 | 0.76 | 209.07 | 10.199 | |
| | 24 | 112 | 0.89 | 204.525 | 9.05 | |
| | 25 | 113 | 0.89 | 218.16 | 10.908 | |
| | 26 | 114 | 0.88 | 209.07 | 9.251 | |
| | 27 | 115 | 0.89 | 209.07 | 8.784 | |
| 24 | 30 | 116 | 0.69 | 199.98 | 6.968 | |
| | 31 | 117 | 0.89 | 218.16 | 10.389 | |
| | 1 | 118 | 0.88 | 209.07 | 11.615 | |
| | 2 | 119 | 0.65 | 209.07 | 14.723 | |
| | 3 | 120 | 0.73 | 204.525 | 15.263 | |
| 25 | 6 | 121 | 0.96 | 209.07 | 6.222 | A G U S T U S |
| | 7 | 122 | 0.9 | 204.525 | 9.05 | |
| | 8 | 123 | 0.77 | 204.525 | 9.739 | |
| | 9 | 124 | 0.82 | 195.435 | 11.496 | |
| | 10 | 125 | 0.79 | 190.89 | 10.605 | |
| 26 | 27 | 126 | 0.775 | 195.435 | 10.858 | |
| | 28 | 127 | 0.88 | 186.345 | 10.353 | |
| | 29 | 128 | 0.57 | 195.435 | 5.405 | |
| | 30 | 129 | 0.57 | 195.435 | 4.761 | |
| | 31 | 130 | 0.54 | 204.525 | 16.764 | |

Lanjutan Lampiran A2 : Air Produksi Bulan Januari –Desember 2012 Periode II

| Sub grup (i) | Tanggal (Sampel Tiap Subgrup) (j) | No | Karakteristik Kualitas | | | Bulan |
|--------------|-----------------------------------|-----|------------------------|-----------|---------------|---|
| | | | Kekeruhan | Alkanitas | Karbonioksida | |
| 27 | 3 | 131 | 0.81 | 195.435 | 8.424 | S E P T E M B E R |
| | 4 | 132 | 0.77 | 190.89 | 10.318 | |
| | 5 | 133 | 0.78 | 204.525 | 14.821 | |
| | 6 | 134 | 0.73 | 195.435 | 14.585 | |
| | 7 | 135 | 0.65 | 195.435 | 6.98 | |
| 28 | 10 | 136 | 0.77 | 199.98 | 11.427 | |
| | 11 | 137 | 0.75 | 186.345 | 9.808 | |
| | 12 | 138 | 0.7 | 190.89 | 10.908 | |
| | 13 | 139 | 0.79 | 190.89 | 14.491 | |
| | 14 | 140 | 0.87 | 196.495 | 11.168 | |
| 29 | 17 | 141 | 0.77 | 199.98 | 11.427 | |
| | 18 | 142 | 0.69 | 195.435 | 13.029 | |
| | 19 | 143 | 0.77 | 195.435 | 14.585 | |
| | 20 | 144 | 0.66 | 186.345 | 14.334 | |
| | 21 | 145 | 0.62 | 186.345 | 14.673 | |
| 30 | 24 | 146 | 0.93 | 190.89 | 10.908 | |
| | 25 | 147 | 0.88 | 181.8 | 8.657 | |
| | 26 | 148 | 0.82 | 181.8 | 9.09 | |
| | 27 | 149 | 0.635 | 190.89 | 12.327 | |
| | 28 | 150 | 0.755 | 190.89 | 13.075 | |
| 31 | 1 | 151 | 0.89 | 185.99 | 10.628 | O K T O B E R |
| | 2 | 152 | 0.8 | 185.99 | 10.054 | |
| | 3 | 153 | 0.91 | 191.304 | 9.332 | |
| | 4 | 154 | 1.09 | 196.618 | 6.935 | |
| | 5 | 155 | 0.98 | 180.676 | 7.995 | |
| 32 | 8 | 156 | 0.88 | 191.484 | 10.942 | |
| | 9 | 157 | 0.77 | 186.165 | 12.411 | |
| | 10 | 158 | 0.695 | 170.208 | 8.203 | |
| | 11 | 159 | 1.3 | 186.165 | 12.928 | |
| | 12 | 160 | 1.16 | 186.165 | 15.644 | |
| 33 | 15 | 161 | 0.96 | 180.846 | 13.105 | |
| | 16 | 162 | 0.92 | 186.165 | 13.49 | |
| | 17 | 163 | 0.94 | 191.484 | 13.49 | |
| | 18 | 164 | 0.83 | 191.484 | 12.119 | |
| | 19 | 165 | 0.78 | 191.484 | 14.29 | |
| 34 | 29 | 166 | 0.945 | 180.846 | 14.129 | |
| | 30 | 167 | 0.965 | 180.846 | 13.298 | |
| | 31 | 168 | 0.98 | 186.165 | 12.751 | |

Lanjutan Lampiran A2 : Air Produksi Bulan Januari –Desember 2012 Periode II

| Sub grup (i) | Tanggal (Sampel Tiap Subgrup) (j) | No | Karakteristik Kualitas | | | Bulan |
|--------------|-----------------------------------|-----|------------------------|-----------|---------------|--------------------------------------|
| | | | Kekeruhan | Alkanitas | Karbonioksida | |
| 34 | 1 | 169 | 0.85 | 186.165 | 15.013 | N O P E M B E R |
| | 2 | 170 | 0.79 | 175.527 | 14.155 | |
| 35 | 5 | 171 | 0.89 | 180.846 | 14.823 | |
| | 6 | 172 | 0.925 | 175.527 | 14.387 | |
| | 7 | 173 | 0.9 | 175.527 | 26.081 | |
| | 8 | 174 | 0.88 | 180.846 | 17.389 | |
| | 9 | 175 | 0.94 | 180.846 | 16.901 | |
| | 19 | 176 | 0.955 | 170.208 | 7.917 | |
| 36 | 20 | 177 | 0.89 | 191.484 | 10.35 | |
| | 21 | 178 | 0.96 | 170.208 | 8.303 | |
| | 22 | 179 | 0.96 | 154.251 | 7.91 | |
| | 23 | 180 | 0.98 | 154.251 | 8.814 | |
| | 26 | 181 | 1.04 | 132.975 | 13.166 | |
| | 27 | 182 | 1.55 | 132.975 | 15.462 | |
| 37 | 28 | 183 | 1.32 | 117.018 | 14.907 | |
| | 29 | 184 | 1.47 | 127.656 | 19.639 | |
| | 30 | 185 | 1.98 | 106.38 | 16.753 | |
| 38 | 3 | 186 | 1.11 | 143.613 | 24.341 | D E S E M B E R |
| | 4 | 187 | 1.08 | 117.018 | 18.874 | |
| | 5 | 188 | 1.81 | 111.699 | 9.466 | |
| | 6 | 189 | 1.35 | 95.742 | 12.938 | |
| | 7 | 190 | 1.135 | 101.061 | 31.582 | |
| | 10 | 191 | 0.87 | 122.337 | 24.467 | |
| 39 | 11 | 192 | 0.99 | 132.975 | 29.55 | |
| | 12 | 193 | 1.12 | 143.613 | 17.592 | |
| | 13 | 194 | 0.9 | 122.337 | 10.923 | |
| | 14 | 195 | 1.46 | 117.018 | 25.439 | |
| | 17 | 196 | 0.95 | 127.476 | 31.869 | |
| | 18 | 197 | 0.85 | 138.099 | 24.017 | |
| 40 | 19 | 198 | 0.92 | 127.476 | 28.328 | |
| | 20 | 199 | 0.79 | 127.476 | 17.583 | |
| | 21 | 200 | 0.89 | 112.164 | 12.859 | |

Lampiran C : **Multinormal**

Lampiran C1 : Macro Minitab Multinormal

```
macro
qq x.1-x.p
mconstant i n p t chis
mcolumn d x.1-x.p dd pi q ss tt
mmatrix s sinv ma mb mc md
let n=count(x.1)
cova x.1-x.p s
invert s sinv
do i=1:p
  let x.i=x.i-mean(x.i)
enddo
do i=1:n
  copy x.1-x.p ma;
  use i.
  transpose ma mb
  multiply ma sinv mc
  multiply mc mb md
  copy md tt
  let t=tt(1)
  let d(i)=t
enddo
set pi
  1:n
end
let pi=(pi-0.5)/n
sort d dd
invcdf pi q;
chis p.
plot q*dd
invcdf 0.5 chis;
chis p.
let ss=dd<chis
let t=sum(ss)/n
```

```
print t
if t>0.5
    note distribusi data multinormal
endif
if t<=0.5
    note distribusi data bukan multinormal
endif
endmacro
```

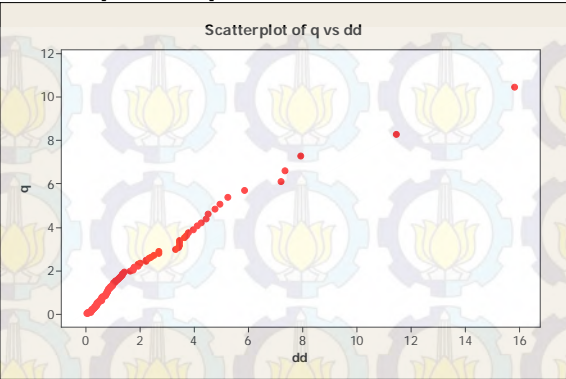

Lampiran C2 : Uji Multinormal Periode 1

MTB > %C:/multinormal.txt C6-C7

Executing from file: C:/multinormal.txt

| No | Nilai d | No | Nilai d | No | Nilai d | No | Nilai d |
|----|---------|----|---------|----|---------|----|---------|
| 1 | 0.7901 | 26 | 0.9871 | 51 | 0.3387 | 76 | 0.3642 |
| 2 | 11.4556 | 27 | 0.2013 | 52 | 0.8343 | 77 | 0.2718 |
| 3 | 1.7354 | 28 | 0.3198 | 53 | 0.4456 | 78 | 7.9133 |
| 4 | 5.2452 | 29 | 1.6336 | 54 | 0.4005 | 79 | 0.8271 |
| 5 | 1.7354 | 30 | 0.5943 | 55 | 0.3078 | 80 | 1.1523 |
| 6 | 3.7775 | 31 | 0.6646 | 56 | 0.9739 | 81 | 0.7291 |
| 7 | 4.5065 | 32 | 0.065 | 57 | 0.1781 | 82 | 0.895 |
| 8 | 4.7666 | 33 | 3.2984 | 58 | 0.1587 | 83 | 2.2058 |
| 9 | 3.4403 | 34 | 0.6303 | 59 | 0.0324 | 84 | 3.4382 |
| 10 | 4.928 | 35 | 0.207 | 60 | 0.7722 | 85 | 0.3885 |
| 11 | 7.2004 | 36 | 0.7538 | 61 | 2.6699 | 86 | 2.6684 |
| 12 | 1.329 | 37 | 2.313 | 62 | 0.377 | 87 | 1.9326 |
| 13 | 1.1015 | 38 | 1.7823 | 63 | 0.2077 | 88 | 4.4409 |
| 14 | 1.0273 | 39 | 5.8481 | 64 | 0.4476 | 89 | 7.344 |
| 15 | 2.395 | 40 | 15.8152 | 65 | 0.5623 | 90 | 1.9321 |
| 16 | 1.4304 | 41 | 1.0007 | 66 | 0.7291 | 91 | 3.6975 |
| 17 | 1.2169 | 42 | 0.5802 | 67 | 0.895 | 92 | 3.4219 |
| 18 | 0.5043 | 43 | 1.1864 | 68 | 2.2058 | 93 | 4.2608 |
| 19 | 0.0793 | 44 | 2.4923 | 69 | 3.4382 | 94 | 4.11 |
| 20 | 1.279 | 45 | 0.7105 | 70 | 0.3885 | 95 | 3.9425 |
| 21 | 0.1721 | 46 | 0.5208 | 71 | 1.9999 | | |
| 22 | 0.5746 | 47 | 0.2589 | 72 | 1.0808 | | |
| 23 | 0.4366 | 48 | 0.5666 | 73 | 0.795 | | |
| 24 | 0.2921 | 49 | 0.8878 | 74 | 1.2965 | | |
| 25 | 3.6252 | 50 | 1.355 | 75 | 0.8118 | | |

Scatterplot of q vs dd



Data Display

t 0.610526

Lampiran C3 : Uji Multinormal Periode 2

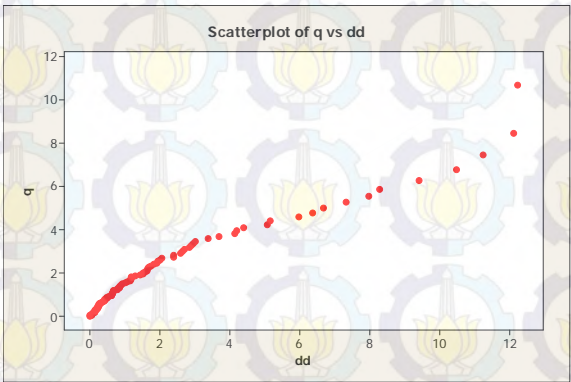
MTB > %C:/multinormal.txt C6-C7

Executing from file: C:/multinormal.txt

| No | Nilai d | No | Nilai d | No | Nilai d | No | Nilai d |
|----|---------|----|---------|----|---------|-----|---------|
| 1 | 0.6219 | 26 | 1.5312 | 51 | 0.1518 | 76 | 0.209 |
| 2 | 2.8498 | 27 | 0.6887 | 52 | 0.8366 | 77 | 0.0784 |
| 3 | 1.3019 | 28 | 0.6219 | 53 | 0.6675 | 78 | 8.2894 |
| 4 | 1.1562 | 29 | 0.2373 | 54 | 0.1314 | 79 | 1.0744 |
| 5 | 2.6422 | 30 | 0.1828 | 55 | 0.2033 | 80 | 0.8581 |
| 6 | 0.53 | 31 | 0.2445 | 56 | 0.17 | 81 | 1.9338 |
| 7 | 0.6533 | 32 | 0.217 | 57 | 0.2828 | 82 | 0.2207 |
| 8 | 1.9321 | 33 | 2.0001 | 58 | 0.4139 | 83 | 1.7056 |
| 9 | 0.5149 | 34 | 2.4078 | 59 | 1.1859 | 84 | 3.685 |
| 10 | 1.6255 | 35 | 2.7055 | 60 | 1.1867 | 85 | 3.0213 |
| 11 | 0.6385 | 36 | 0.6533 | 61 | 0.1573 | 86 | 3.3898 |
| 12 | 0.9319 | 37 | 0.2208 | 62 | 0.0364 | 87 | 2.5814 |
| 13 | 0.2862 | 38 | 1.6255 | 63 | 1.7633 | 88 | 5.1696 |
| 14 | 1.5113 | 39 | 0.7899 | 64 | 0.0586 | 89 | 2.9483 |
| 15 | 2.407 | 40 | 1.1815 | 65 | 0.6232 | 90 | 6.3604 |
| 16 | 0.8566 | 41 | 0.4169 | 66 | 0.005 | 91 | 4.3975 |
| 17 | 0.6887 | 42 | 0.3365 | 67 | 0.1137 | 92 | 4.1458 |
| 18 | 1.6743 | 43 | 0.1518 | 68 | 0.2922 | 93 | 10.484 |
| 19 | 0.8709 | 44 | 0.4958 | 69 | 0.1373 | 94 | 11.2242 |
| 20 | 0.9117 | 45 | 0.2693 | 70 | 0.4712 | 95 | 12.1067 |
| 21 | 1.1531 | 46 | 0.4169 | 71 | 0.0903 | 96 | 5.0647 |
| 22 | 1.5833 | 47 | 0.3899 | 72 | 0.0129 | 97 | 9.3957 |
| 23 | 1.006 | 48 | 0.7899 | 73 | 0.048 | 98 | 1.4334 |
| 24 | 2.0511 | 49 | 0.2631 | 74 | 0.4249 | 99 | 6.6861 |
| 25 | 1.8374 | 50 | 0.3418 | 75 | 0.0567 | 100 | 5.9787 |

| No | Nilai d |
|-----|---------|
| 101 | 12.2221 |
| 102 | 4.1851 |
| 103 | 7.9724 |
| 104 | 2.9076 |
| 105 | 7.3341 |

Scatterplot of q vs dd



Data Display

t 0.609524

Lampiran D : Uji *Bartlett's*

Lampiran D1 : **Periode I**

KMO and Bartlett's Test

| | | |
|--|--------------------|------|
| Kaiser-Meyer-Olkin Measure of Sampling Adequacy. | | .500 |
| Bartlett's Test of Sphericity | Approx. Chi-Square | .071 |
| | df | 1 |
| | Sig. | .791 |

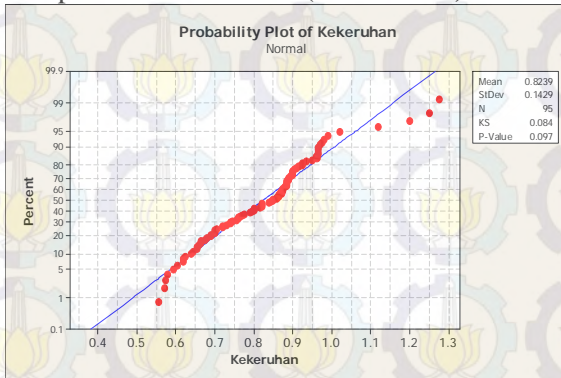
Lampiran D1 : **Periode II**

KMO and Bartlett's Test

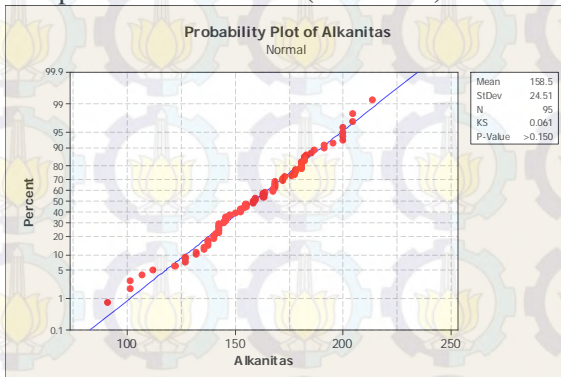
| | | |
|--|--------------------|--------|
| Kaiser-Meyer-Olkin Measure of Sampling Adequacy. | | .500 |
| Bartlett's Test of Sphericity | Approx. Chi-Square | 43.756 |
| | df | 1 |
| | Sig. | .000 |

Lampiran E : Uji Kenormalan

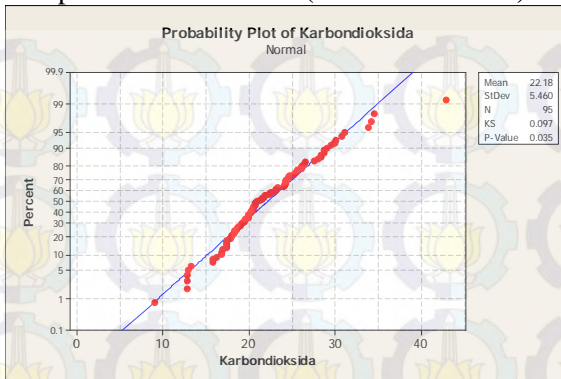
Lampiran E1 : Periode I (Kekeruhan)



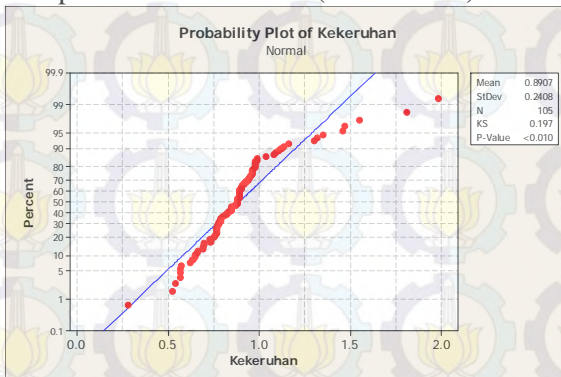
Lampiran E2 : Periode I (Alkanitas)



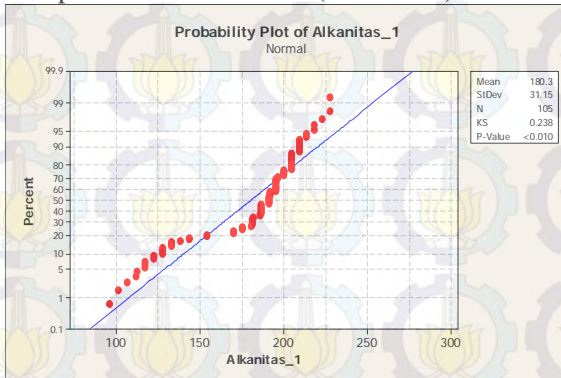
Lampiran E3 : Periode I (Karbendioksida)



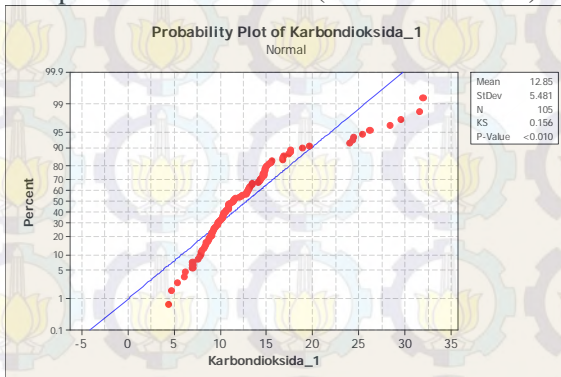
Lampiran E4 : Periode II (Kekeruhan)



Lampiran E5 : Periode II (Alkanitas)



Lampiran E6 : Periode II (Karbondioksida)



Lampiran F : Uji Keacakan Data

Lampiran F1 : Periode I

Runs Test: Kekерuhan, Alkanitas, Karbondioksida

Runs test for Kekерuhan

Runs above and below $K = 0.823947$

The observed number of runs = 40

The expected number of runs = 48.3684

50 observations above K , 45 below

P-value = 0.083

Runs test for Alkanitas

Runs above and below $K = 158.480$

The observed number of runs = 28

The expected number of runs = 48.4947

47 observations above K , 48 below

P-value = 0.000

Runs test for Karbondioksida

Runs above and below $K = 22.1771$

The observed number of runs = 36

The expected number of runs = 47.8632

42 observations above K , 53 below

P-value = 0.013

Lampiran F2 : Periode II

Runs Test: Kekeruhan, Alkanitas, Karbondioksida

Runs test for Kekeruhan

Runs above and below K = 0.890667

The observed number of runs = 25

The expected number of runs = 50.5238

40 observations above K, 65 below

P-value = 0.000

Runs test for Alkanitas

Runs above and below K = 180.330

The observed number of runs = 10

The expected number of runs = 42.0667

77 observations above K, 28 below

P-value = 0.000

Runs test for Karbondioksida

Runs above and below K = 12.8537

The observed number of runs = 26

The expected number of runs = 52.4286

45 observations above K, 60 below

P-value = 0.000

Lampiran G : Uji Kehomogenan

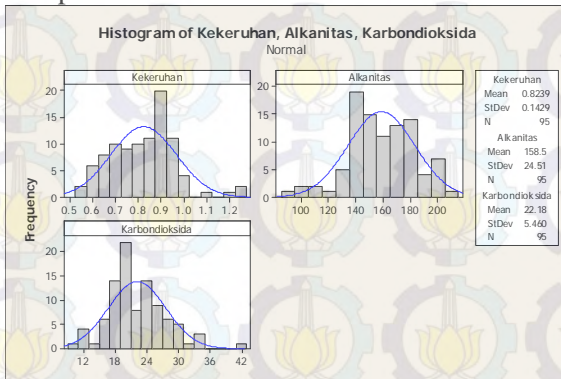
Test Results

| | |
|---------|--------------|
| Box's M | 6.479 |
| Approx. | 2.136 |
| df1 | 3 |
| F | 10393719.901 |
| df2 | |
| Sig. | .093 |

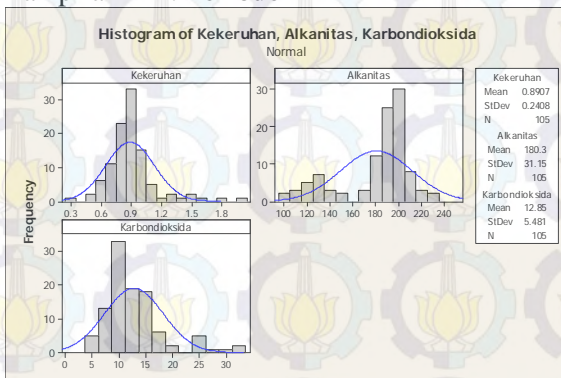
Tests null hypothesis of equal
population covariance matrices.

Lampiran H : Histogram

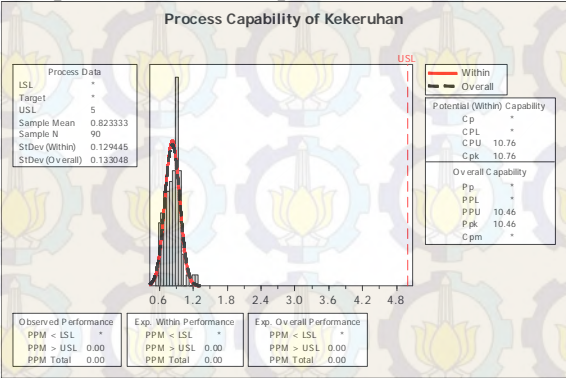
Lampiran H1 : Periode I



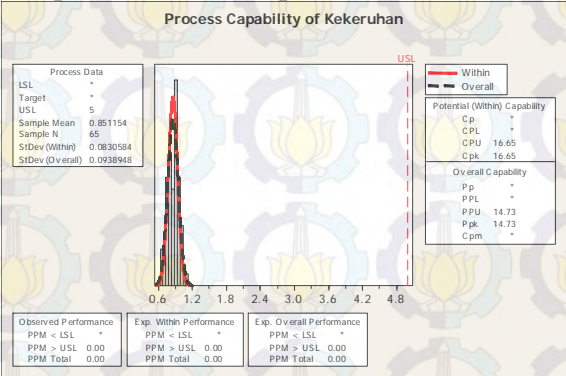
Lampiran H2 : Periode II



Lampiran I : **Indek Kapabilitas Periode I**
Lampiran II : **Indek Kapabilitas Kekeruhan**



Lampiran J : **Indek Kapabilitas Periode II**
Lampiran J1 : **Indek Kapabilitas Kekeruhan**



Lampiran K : MANOVA

Multivariate Tests^a

| Effect | | Value | F | Hypothesis df | Error df | Sig. |
|-----------|--------------------|--------|-----------------------|---------------|----------|------|
| Intercept | Pillai's Trace | .985 | 6617.757 ^b | 2.000 | 197.000 | .000 |
| | Wilks' Lambda | .015 | 6617.757 ^b | 2.000 | 197.000 | .000 |
| | Hotelling's Trace | 67.185 | 6617.757 ^b | 2.000 | 197.000 | .000 |
| | Roy's Largest Root | 67.185 | 6617.757 ^b | 2.000 | 197.000 | .000 |
| Koding | Pillai's Trace | .412 | 69.042 ^b | 2.000 | 197.000 | .000 |
| | Wilks' Lambda | .588 | 69.042 ^b | 2.000 | 197.000 | .000 |
| | Hotelling's Trace | .701 | 69.042 ^b | 2.000 | 197.000 | .000 |
| | Roy's Largest Root | .701 | 69.042 ^b | 2.000 | 197.000 | .000 |

a. Design: Intercept + Koding

b. Exact statistic

Lampiran L : **Identifikasi Penyebab Tidak Terkendalinya**
Proses T^2 Hotelling

Lampiran L1: T^2 Hotelling Periode I

**Test Results for Tsquared Chart of Alkanitas_1_2_1,
Karbondioksida_1_2_1**

| | Point | Variable | P-Value |
|------------------|-------|----------------------|---------|
| Greater Than UCL | 1 | Alkanitas_1_2_1 | 0.0000 |
| | 2 | Alkanitas_1_2_1 | 0.0001 |
| | | Karbondioksida_1_2_1 | 0.0002 |
| | 16 | Alkanitas_1_2_1 | 0.0000 |
| | | Karbondioksida_1_2_1 | 0.0191 |
| | 17 | Alkanitas_1_2_1 | 0.0000 |

Lampiran L2: T^2 Hotelling Periode II

**Test Results for Tsquared Chart of Alkanitas_1_1_1,
Karbondioksida_1_1_1**

| | Point | Variable | P-Value |
|------------------|-------|----------------------|---------|
| Greater Than UCL | 1 | Alkanitas_1_1_1 | 0.0000 |
| | | Karbondioksida_1_1_1 | 0.0178 |
| | 2 | Alkanitas_1_1_1 | 0.0001 |
| | 3 | Alkanitas_1_1_1 | 0.0001 |
| | | Karbondioksida_1_1_1 | 0.0002 |
| | 4 | Alkanitas_1_1_1 | 0.0000 |
| | | Karbondioksida_1_1_1 | 0.0203 |
| | 5 | Alkanitas_1_1_1 | 0.0000 |
| | 6 | Alkanitas_1_1_1 | 0.0007 |
| | | Karbondioksida_1_1_1 | 0.0282 |
| | 16 | Alkanitas_1_1_1 | 0.0001 |
| | | Karbondioksida_1_1_1 | 0.0000 |
| | 17 | Alkanitas_1_1_1 | 0.0000 |
| | 18 | Alkanitas_1_1_1 | 0.0000 |
| | | Karbondioksida_1_1_1 | 0.0000 |

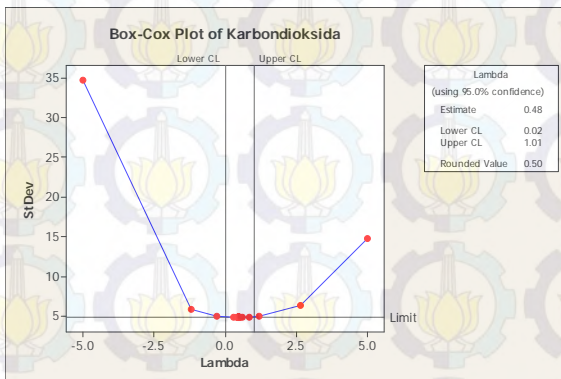
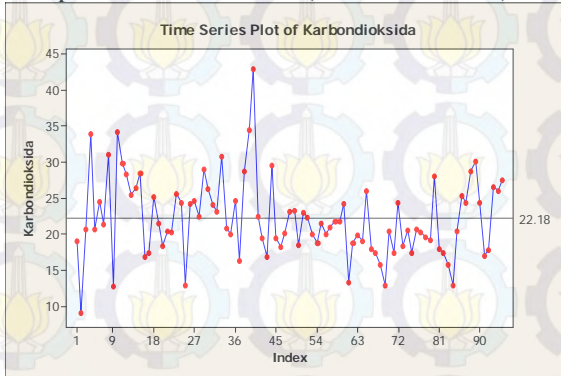
Lampiran L3: T^2 Hotelling Periode II

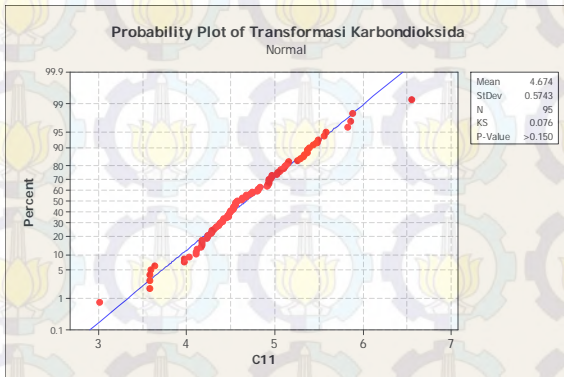
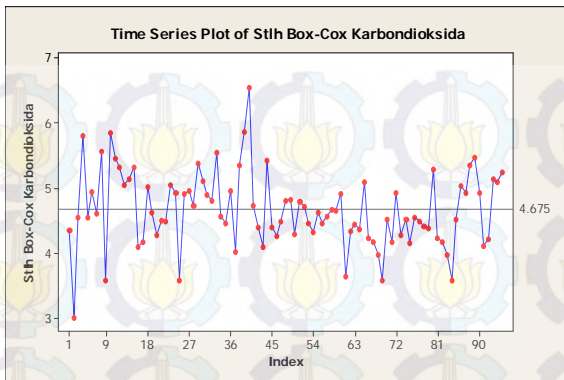
**Test Results for Tsquared Chart of Alkanitas_1_1_1_1,
Karbondioksida_1_1_1_1**

| Value | Point | Variable | P- |
|------------------|-------|----------------------|--------|
| Greater Than UCL | 9 | Alkanitas_1_1_1 | 0.0003 |
| | | Karbondioksida_1_1_1 | 0.0032 |

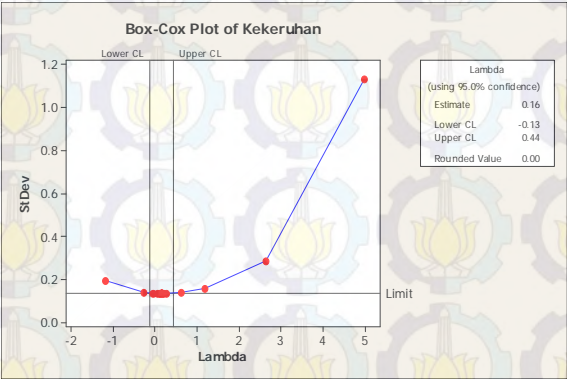
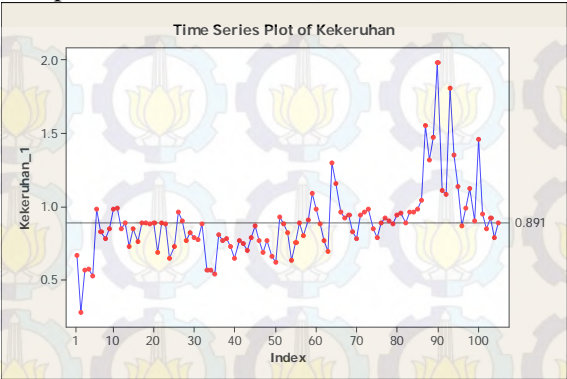
Lampiran M : Penangulangan Ketidaknormalan Data Secara Univariat

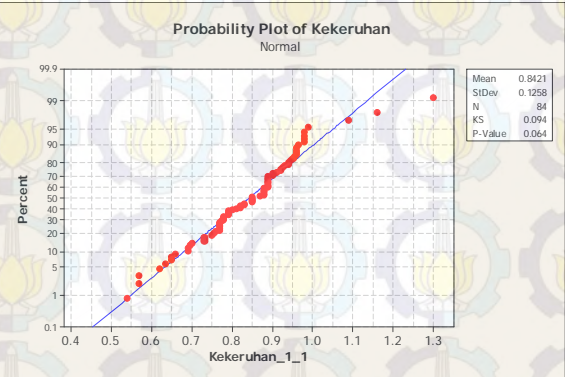
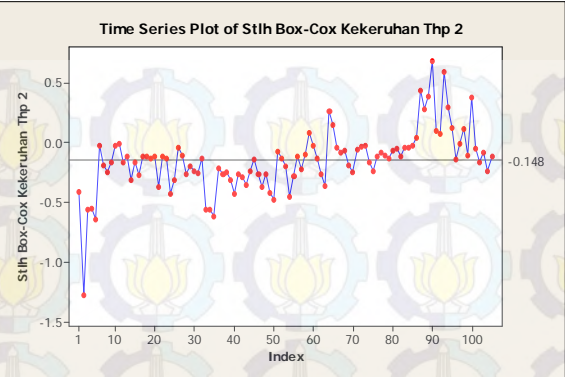
Lampiran M1 : Periode I (Karbondioksida)



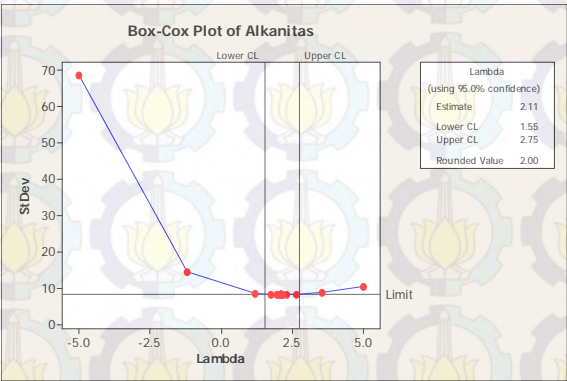
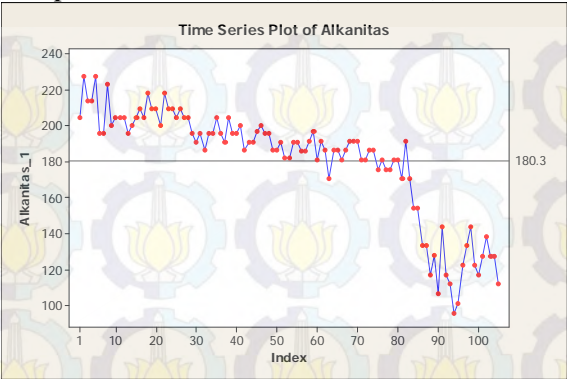


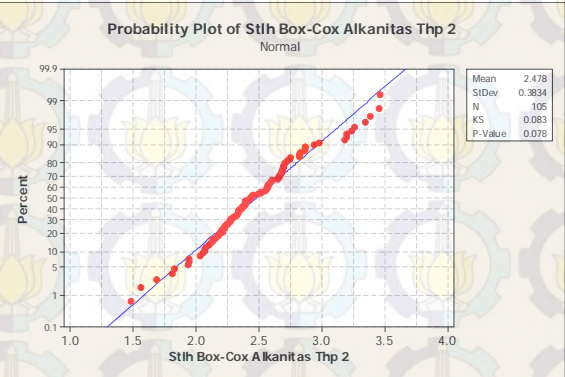
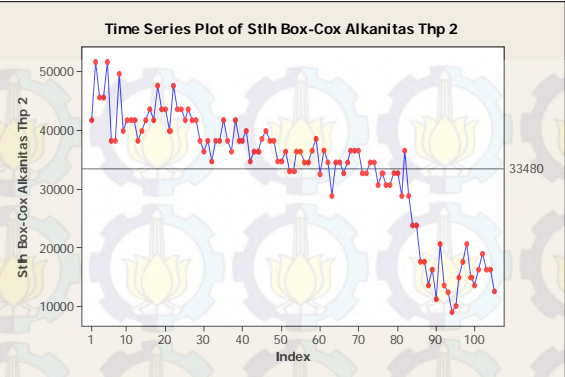
Lampiran M2 : Periode II (Kekeruhan)



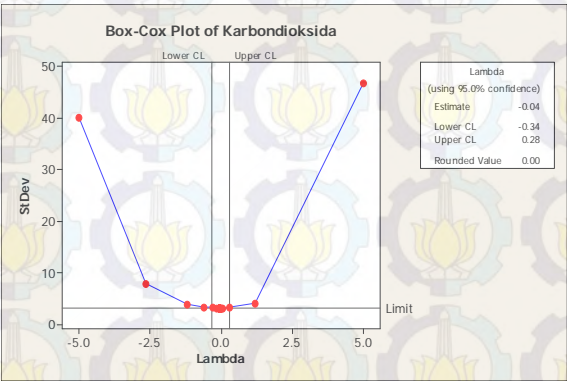
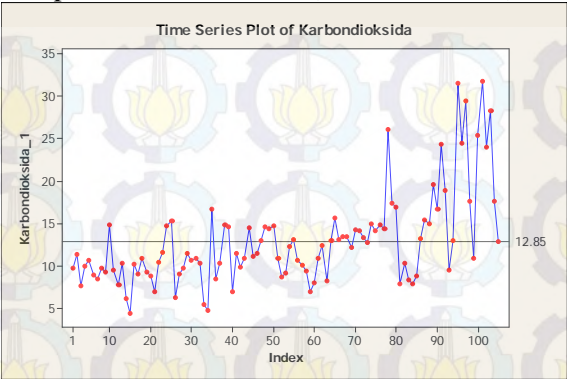


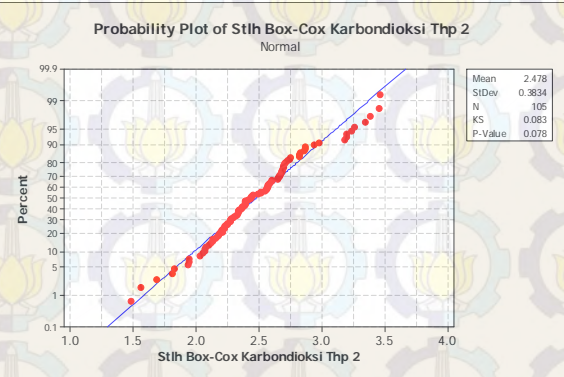
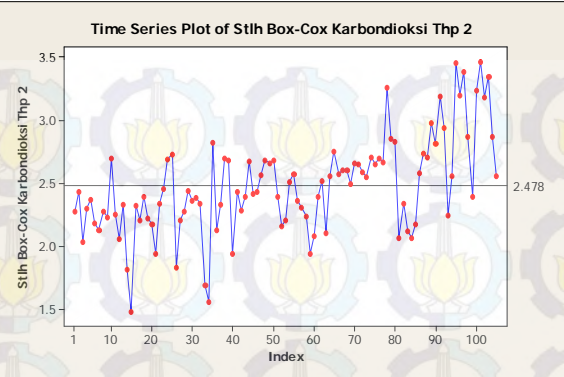
Lampiran M3 : Periode II (Alkanitas)





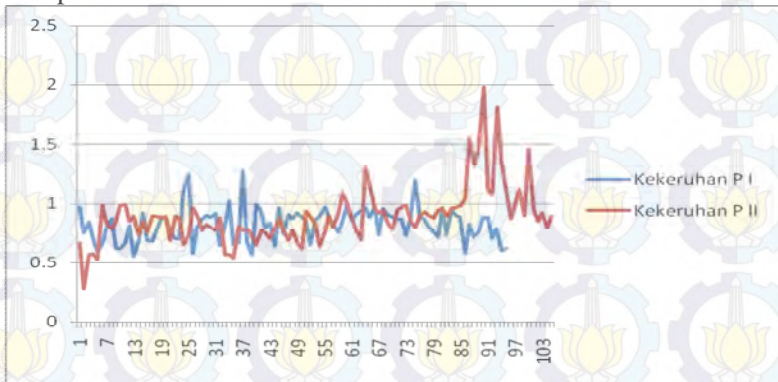
Lampiran M4 : Periode II (Karbendioksida)



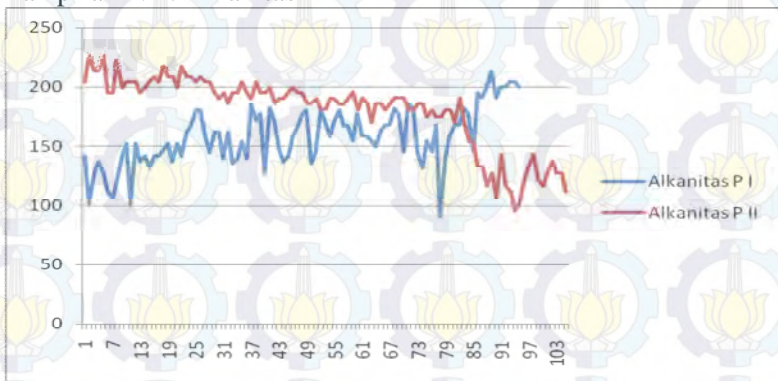


Lampiran N : Plot Variabel Periode I dan Periode II

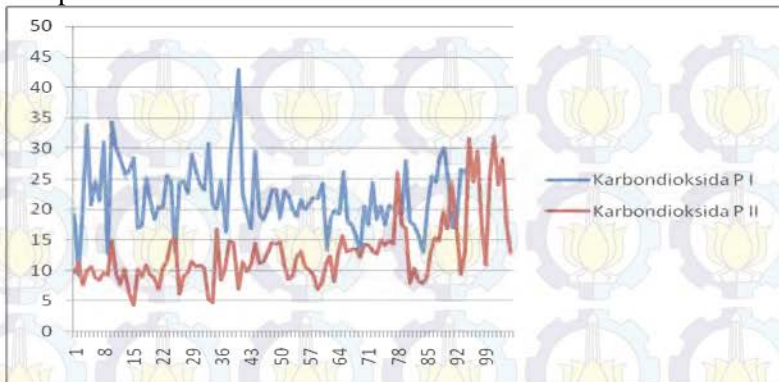
Lampiran N1 : Kekeruhan



Lampiran N2 : Alkanitas



Lampiran N3 : Karbondioksida



BIODATA PENULIS



Penulis dilahirkan di Kota Kediri, pada 22 Agustus 1990 yang merupakan anak pertama dan terakhir. Penulis mempunyai nama lengkap Mohammad Aziz Miftakhul Huda, biasa dipanggil Aziz. Penulis telah menempuh pendidikan formal yaitu di TK ABA Gempolan, SDN Sukorejo, Madrasah Tsanawiyah Negeri Model Pare, Madrasah

Aliyah Negeri Kota Kediri 3, Diploma Statistika-ITS dan sekarang telah menyelesaikan Sarjana Statistika-ITS. Selama perkuliahan penulis bertempat tinggal di Keputih. Alamat e-mail penulis: aziz_mifda@yahoo.com